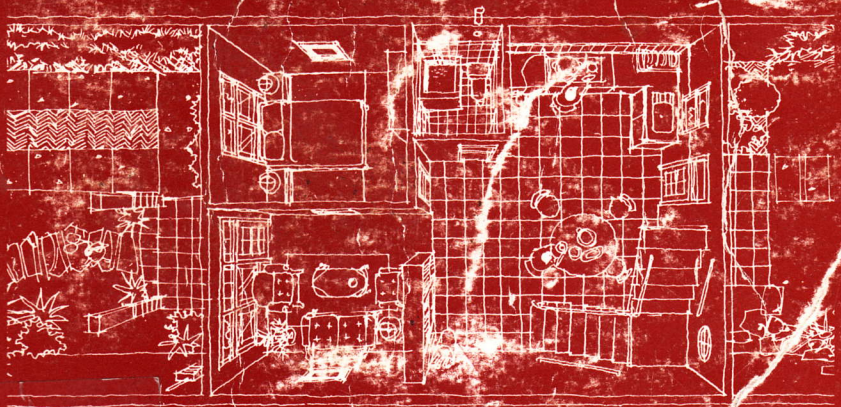
Seri Konstruksi Arsitektur 5

Ilmu konstruksi perlengkapan dan utilitas bangunan

Cara perlengkapan gedung

Ilmu konstruksi bangunan 2



USTAKAAN
WA TIMUR
0
I

Heinz Frick
Pujø. L Setiawan

Ilmu konstruksi perlengkapan dan utilitas bangunan

Seri Konstruksi Arsitektur 5

Ilmu konstruksi perlengkapan dan utilitas bangunan

Cara perlengkapan gedung

Ilmu konstruksi bangunan 2

Heinz Frick
Pujo. L Setiawan

PENERBIT KANISIUS UNIVERSITAS SOEGIJAPRANATA

Ilmu konstruksi perlengkapan dan utilitas bangunan
028091

© Kanisius 2002

PENERBIT KANISIUS (Anggota IKAPI)
Jl. Cempaka 9, Deresan, Yogyakarta 55281
Kotak Pos 1125/Yk, Yogyakarta 55011
Telepon (0274) 588783, 565996; Fax (0274) 563349
Website: www.kanisiusmedia.com
E-mail : office@kanisiusmedia.com

SOEGIJAPRANATA UNIVERSITY PRESS
Jl. Pawiyatan Luhur IV/1 Bendan Dhuwur, Semarang 50234
Kotak Pos 8033/SM, Semarang 50232
Telepon (024) 8316142 - 8441555 (hunting), Fax (024) 8415429
E-mail: unika@unika.ac.id.

Cetakan ke-	5	4	3	2	1
Tahun	06	05	04	03	02

MILIK
Badan Perpustakaan
Propinsi Jawa Timur
277.336/BPP/P/02

ISBN 979-21-0182-9

PROYEK T.A. 2009

Hak cipta dilindungi Undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun, termasuk fotokopi, tanpa izin tertulis dari penerbit

Dicetak oleh Percetakan Kanisius Yogyakarta

Prakata

Dengan istilah konstruksi perlengkapan dan utilitas bangunan dimaksudkan *afbouwtechniek* (bahasa Belanda) yang meliputi penyelesaian struktur gedung menjadi rumah siap pakai (melapisi lantai, dinding, dan atap, membangun tangga, menginstalasi air, listrik, dan sebagainya) dan penyediaan lingkungan yang mendukung maksud tersebut (jalan pencapaian, tamanan, dan sebagainya).

Makin lama, perlengkapan dan utilitas bangunan makin lebih menentukan harga bangunan, sedangkan struktur bangunan dinomorduakan. Namun, struktur bangunan pada prinsipnya tetap lebih berkesinambungan *(sustainable)* dibandingkan dengan perlengkapan dan utilitas. Oleh karena itu, perlu diperhatikan agar semua perlengkapan tersebut direncanakan sedemikian sehingga dapat diganti dengan mudah dan tanpa perlu merusakkan bagian struktural lebih dahulu. Supaya tugas ini dapat dilaksanakan dengan baik, para arsitek kian tergantung pada ahli utilitas (ahli listrik, ahli air, ahli penyegaran udara, dan sebagainya).

Mengingat di satu pihak keanekaragaman tugas konstruksi dan di pihak lain kemungkinan konsep teknik dan bahan bangunan baru yang tepat, termasuk juga percepatan perubahan dan tambahan bahan pengetahuan, maka penyelesaian hafalan dan konstruksi stereotip tidak lagi merupakan kecakapan yang memadai bagi arsitek dan insinyur masa depan.

Tujuan buku ilmu konstruksi perlengkapan dan utilitas bangunan ini adalah memaparkan pedoman untuk menilai sistem utilitas dan cara perlengkapan gedung sehubungan dengan tugas yang hendak dijalankan. Di samping itu, buku ini memberikan saran mengenai pilihan sistem utilitas dan cara perlengkapan gedung secara metodis.

Metode konstruksi yang digunakan pada buku ini berdasarkan pola mental yang sistematis dan sederhana. Pengkonstruksian dibagi atas langkah-langkah yang hasil sementaranya selalu menggambarkan tahap-tahap proses konstruksi. Proses penyelesaian permasalahan akan dibagi atas tahap-tahap berikut: permasalahan dan analisis, persyaratan konstruksi, permasalahan pelaksanaan, pertimbangan dan evaluasi alternatif yang terbaik. Metode ini menggambarkan gerak dari yang abstrak ke yang lebih konkret.

Konstruksi bangunan adalah ilmu yang sangat kompleks. Tidak ada penyelesaian yang pasti bagi suatu permasalahan seperti pada ilmu matematika. Akan tetapi, ilmu konstruksi bangunan baru yang berdasarkan penelitian dan ilmu pengetahuan teknik dapat memberikan penyelesaian yang optimal dengan menghindari cacat konstruksi pada gedung dan utilitasnya sejauh mungkin.

Buku *Ilmu konstruksi perlengkapan dan utilitas bangunan* ini merupakan pengganti buku *Ilmu konstruksi bangunan 2* yang disusun oleh Dr.Ir. Heinz Frick pada tahun 1980, dan yang telah diterbitkan dalam 15 cetakan oleh Penerbit Kanisius, Yogyakarta.

Kami mengucapkan banyak terima kasih kepada semua saja yang telah membantu kami dalam penyelesaian buku ini secara material maupun imaterial, terutama kepada Dony Hendro Wibowo selaku ilustrator buku ini, serta staf pengajar Universitas Katolik Soegijapranata, Semarang, yang selalu memberikan masukan kritis atas naskah buku ini pada tahap penyelesaian, dan kepada banyak orang lain yang tidak dapat kami sebutkan namanya satu per satu di sini.

Kami dengan senang hati dan tangan terbuka menantikan saran dan usul untuk perbaikan yang mungkin akan muncul setelah penggunaan buku baru ini. Segala saran dan usul perbaikan dapat dikirimkan baik kepada Penerbit Kanisius, atau kepada Soegijapranata University Press, maupun langsung kepada pengarang di Universitas Katolik Soegijapranata, Semarang.

Terbitan pertama ini dimungkinkan oleh subsisi yang kami terima dari Liechtenstein Development Service, Vaduz, Kerajaan Liechtenstein.

Semarang, Juni 2001

Dr.Ir. Heinz Frick, dipl.arch. FH/ SIA
Ir. Pujo. L Setiawan

Petunjuk penggunaan buku

Buku *Ilmu konstruksi perlengkapan dan utilitas bangunan* ini menggunakan **metode konstruksi yang berdasarkan pola mental** yang sistematis dan sederhana. Pengkonstruksian pada struktur maupun perlengkapan dibagi atas langkah-langkah yang hasil sementaranya selalu menggambarkan tahap-tahap proses konstruksi sampai dengan evaluasi alternatif yang terbaik. Dengan metode tersebut, buku ini dapat dimanfaatkan baik sebagai bahan ajar ilmu konstruksi perlengkapan dan utilitas bangunan, sebagai buku pelajaran dengan tugas-tugas untuk autodidak, maupun sebagai petunjuk kerja di lapangan.

Pembahasan tentang ilmu pengetahuan konstruksi bangunan, demi praktisnya, kami bagi dalam dua buku, yaitu:

- buku ***Ilmu konstruksi struktur bangunan*** yang menerangkan cara membangun kerangka gedung (Seri konstruksi arsitektur 4), yang sekaligus menggantikan buku *Ilmu konstruksi bangunan 1.*
- buku ***Perlengkapan dan utilitas bangunan*** yang menerangkan cara perlengkapan gedung (Seri konstruksi arsitektur 5) yang menggantikan buku *Ilmu konstruksi bangunan 2* yang lama, karya Heinz Frick, tahun 1980.

Dalam penyusunan buku baru ini, **penggunaan satuan sistem internasional** (SI) diterapkan secara konsekuen. Tabel konversi berbagai sistem satuan ke satuan sistem internasional terdapat pada lampiran (halaman 225-226). Demikian pula tanda desimal berupa titik (bukan ko-ma), dan tanda ribuan berupa apostrof (bukan titik).

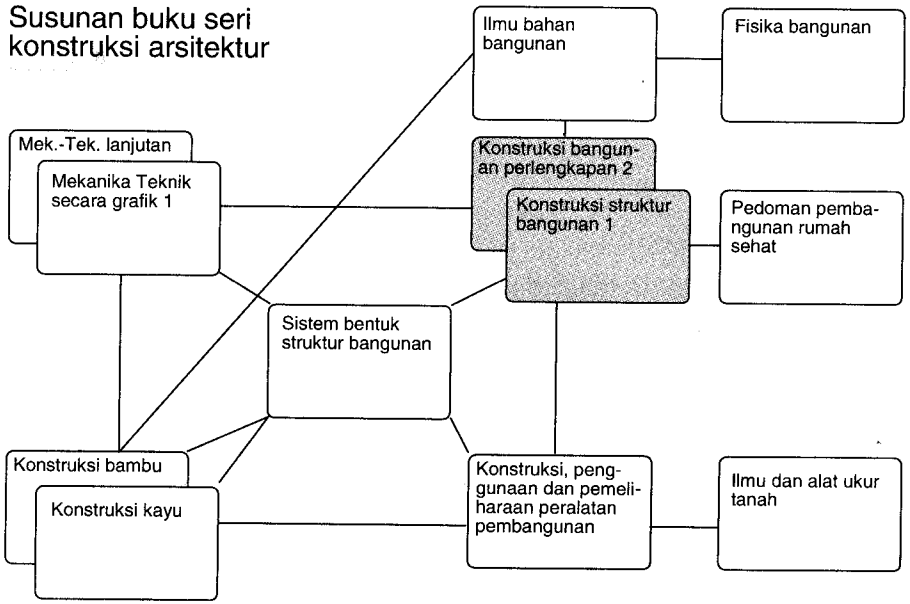
Penilaian kadar mutu ekologis bahan bangunan agak sulit diperhitungkan karena mengandung banyak persoalan yang berbeda-beda, seperti pengolahan (eksploitasi sumber daya alam, produksi dan distribusi bahan bangunan), penggunaan (penerapan dalam konstruksi bangunan, perlengkapan, dan pemeliharaan), pembongkaran (perbaikan, pengalihan penggunaan, dan perusakan), serta pembuangan (penggunaan kembali, daur ulang, dan penumpukan pada TPA). Di samping itu, terdapat pertimbangan mengenai kesehatan penghuni seperti radiasi radioaktif, elektromagnetik, kimia, serta pengaruh iklim ruang, sifat meredam suara, atau panas sinar matahari, dan sebagainya. Dalam buku ini akan diberikan penilaian kadar mutu ekologis per kilogram bahan bangunan atas **energi primer** (MJ) **yang terkandung**

PEI (yang tidak dapat diperbarui) pada produksi bahan tersebut, **pengaruh atas efek rumah kaca** (kg CO_2 ekuivalen) dengan perhatian jangka waktu 100 tahun (100a) dimulai pada tahun 1994, dan **pengasaman** (g SO_x ekuivalen). Karena pengasaman merupakan fenomena yang lokal saja — berbeda dengan efek rumah kaca yang global — maka data-data dari Eropa mungkin kurang tepat, tetapi tetap bermanfaat jika bahan bangunan yang berbeda perlu dievaluasi terhadap mutu ekologis.

Istilah khusus yang digunakan dalam bidang pembangunan saja, istilah asing atau istilah umum yang digunakan dengan makna tertentu, serta daftar konversi BWG menjadi BJLS, akan diterangkan/didefinisikan pada lampiran (4.1 Glosarium), halaman 236.

Seri buku konstruksi arsitektur direncanakan sebagai jaringan buku pegangan teknik arsitektur baik bagi mahasiswa maupun para arsitek yang sedang sibuk bekerja, namun mencari kemungkinan untuk memperdalam pengetahuan teknik dan konstruksi bangunan.

Susunan buku seri konstruksi arsitektur



Daftar isi

Prakata v

Petunjuk penggunaan buku vii

7. Pelapis dan penutup atap 1

7.1 Fungsi dan syarat-syarat pelapis dan penutup atap 1

Pengertian dan fungsi pelapis dan penutup atap, bahan pelapis dan penutup atap, penentuan pelapis dan penutup atap yang baik

7.2 Pelapis dan penutup atap 15

Pelapis atap, penutup atap terjal (rumbia, ijuk, alang-alang, sirap, genting, pelat gelombang, seng, aluminium, kaca), penutup atap datar (pelat beton bertulang kedap air, ubin keramik, aspal tuangan, kertas atap, atap bertanaman)

7.3 Pembuangan air hujan 29

Penentuan ukuran talang dan pipa saluran talang, konstruksi talang, pipa saluran talang, konstruksi lisplank

7.4 Perlindungan terhadap petir 35

8. Pencapaian vertikal (tangga dan lift) **38**

8.1 Fungsi, bentuk, dan letak tangga 38

Pengertian dan fungsi tangga, perbandingan kelandaian, ukuran dan bentuk tangga, geometri tangga dan keadaan statis, bahan bangunan untuk konstruksi tangga, penentuan konstruksi tangga yang baik

8.2 Konstruksi tangga masif 57

Konstruksi tangga dari batu alam dan buatan, konstruksi tangga beton bertulang

8.3 Konstruksi tangga kayu 61

Cara membuat tangga dari kayu, cara membuat pegangan dan sandaran tangga dari kayu

8.4 Konstruksi tangga baja 66
8.5 Instalasi lift dan tangga berjalan 68
Pengertian dan fungsi lift, persiapan gedung untuk instalasi lift, tangga berjalan (eskalator)

9. Perlengkapan pembukaan dinding 73
9.1 Konstruksi jendela 73
Pengertian dan fungsi jendela, prinsip konstruksi dan bahan bangunan untuk jendela, kosen jendela, konstruksi bingkai jendela dari kayu, konstruksi jendela logam, konstruksi jendela lamel dan jendela krepyak, perlengkapan jendela
9.2 Konstruksi pintu 89
Pengertian dan fungsi pintu, prinsip konstruksi dan bahan bangunan untuk pintu, kosen pintu, konstruksi pintu dari kayu, konstruksi pintu dari logam, perlengkapan pintu

10. Instalasi teknik umum 99
10.1 Saluran air limbah 99
Jenis air limbah dan sistem saluran, penentuan ukuran dan bahan pemipaan air limbah, konstruksi saluran air limbah, pemasangan bermacam sumur, proses pengolahan air limbah
10.2 Instalasi air minum (saniter) 120
Pengertian dan fungsi instalasi air minum, sumur air minum, penyimpanan air minum, pompa air, instalasi air dingin, instalasi air panas, perencanaan instalasi air dan simbol-simbol saniter, perlengkapan saniter
10.3 Instalasi listrik 139
Pengertian dan fungsi listrik dan instalasi listrik, bagian-bagian instalasi istrik, perencanaan instalasi listrik (penerangan)
10.4 Penyegaran udara 152
Pengertian dan fungsi penyegaran udara, penyegaran udara secara pasif, penyegaran udara secara aktif,

gangguan kesehatan manusia dan pengaruh atas lapisan ozon oleh pengaturan suhu udara terpusat

11. Perancah 168
11.1 Pengertian dan fungsi perancah 168
Jenis dan fungsi perancah masing-masing, bahan pembuatan perancah
11.2 Konstruksi perancah dan atap pelindung 172
Konstruksi perancah kerja panggung, konstruksi perancah kerja, atap/panggung pelindung
11.3 Konstruksi perancah penyangga tegak dan mendatar 176

12. Pekerjaan halaman dan pertamanan 179
12.1 Jalan setapak, jalan kendaraan, dan plaza 181
Pengertian dan fungsi jalan setapak, jalan kendaraan dan kebutuhan ruang untuk bergerak, perencanaan jalan, konstruksi jalan dan selokan air hujan
12.2 Dinding penahan tanah, dan pencegahan erosi 190
Pengertian dan fungsi dinding penahan tanah, konstruksi dinding penahan tanah, pencegahan biologis terhadap erosi lerengan
12.3 Pekerjaan tanggul, tepi perairan 198
Tanggul dan tepi perairan yang alamiah, tindakan konstruktif terhadap erosi air
12.4 Kolam 201
Kolam sebagai biotop, kolam sebagai pengolahan air sabun, kolam renang, konstruksi kolam
12.5 Pemagaran 204
Pengertian dan fungsi pagar, konstruksi pagar tembok, konstruksi pagar kawat kasa atau anyaman bambu, pagar hidup dan jenis perdu yang cocok, pengaruh pagar terhadap gerak angin
12.6 Terjadinya dan pemisahan sampah 208
Pengaturan sampah di tempat bangunan

12.7 Perencanaan penghijauan dan pertamanan 210

Penghijauan sebagai perbaikan iklim dan kualitas udara, jenis-jenis penghijauan dan pertamanan, penghijauan kota, kesuburan tanah (kompos dan pupuk), perencanaan kebun berguna dan taman hias

Lampiran 222

1. Daftar isi ilmu konstruksi struktur bangunan 222

   Cara membangun kerangka gedung
   Ilmu konstruksi bangunan jilid 1:
   Seri konstruksi arsitektur 4
2. Tabel penghitungan dalam satuan sistem internasional 225
3. Daftar pustaka 227
4. Daftar kata-kata, Glosarium, indeks (daftar istilah penting) 233

7. Pelapis dan penutup atap

7.1 Fungsi dan syarat-syarat pelapis dan penutup atap

7.1.1 Pengertian dan fungsi pelapis dan penutup atap

Sebagai penutup atap dapat dimengerti lapisan kedap air (seperti ijuk, rumbia, genting, pelat semen berserat atau seng gelombang, dan sebagainya).

Sebagai pelapis atap dapat dimengerti suatu lapisan tambahan kedap air (seperti pelat semen berserat, tripleks, seng aluminium, dan sebagainya), di atas usuk dipasang dengan reng yang dipaku memanjang di sebelah atas pada setiap kasau sebelum reng dipasang.

Arti dan guna pelapis dan penutup atap ialah kulit pelindung kuda-kuda atap dan ruang di bawahnya, sebagaimana dapat dilihat pada tabel berikut:[1]

Perlindungan pelapis dan penutup atap terhadap pengaruh luar

Fungsi	Pengaruh luar	Penyelesaian sehingga kesinambungan terjamin
Menerima beban	Beban oleh bahan pelapis/penutup berarah vertikal (ditambah pekerja = 1 kN gaya titik)	Membutuhkan struktur dan konstruksi atap yang cocok, kuat, dan stabil
Masuknya angin	Semua celah terbuka memungkinkan masuknya angin ke dalam ruang atap	Masuknya angin sebenarnya diinginkan (mengurangi panas dalam ruang atap, selama atap tidak bocor). Memilih celah terkunci
Kenaikan suhu oleh matahari	Menerima panas dari sinar matahari	Ruang atap diberi pembaharuan udara secara alamiah
		Memilih penutup atap yang tidak menerima sinar panas atau yang meresap panas
Menghindari masuknya air	Air hujan	Memilih penutup atap dengan celah terkunci sehingga perlindungan terhadap air hujan terjamin.
		Menghindari atap yang bocor
		Memilih kemiringan atap seterjal mungkin

[1] Bdk.: Ronner, Heinz. *Kontext 79 - Dach.* Zürich: ETH, 1987. hlm. 24-26

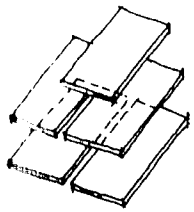
Menghindari masuknya air hujan	Air kapiler	Memilih bahan yang tidak memungkinkan air kapiler masuk (misalnya seng)
		Memilih bahan yang sangat kapiler bersama dengan konstruksi yang memungkinkan pengeringan yang cepat
	Embun	Memilih bahan yang menerima kelembapan embun bersama dengan konstruksi yang memungkinkan pengeringan yang cepat
Menghindari kebisingan	Kebisingan lalu lintas, terutama kapal terbang	Memilih bahan bangunan yang berat > 400 kg/m² (pelat beton atau konstruksi kayu dengan lapisan tanah setebal > 20 cm yang akan ditanami) atau dengan lapisan majemuk yang tidak bercelah
Menghindari kebakaran	Bunga api yang mengakibatkan kebakaran	Memilih lapisan atap yang tidak mudah menyala
		Menggunakan talang dari seng yang menghindari bunga api jatuh dari atap ke tanah dan membakar bahan kering yang tertimbun
	Petir	Menyediakan penangkal petir dengan pembumian yang cukup luas

Sebagai kesimpulan, dapat dikatakan bahwa penutup atap harus kedap air, tahan cuaca, tahan terhadap bunga api penerbangan, berbobot ringan, dan berdaya tahan lama. Pilihan penutup atap tergantung juga pada estetika dan harus memenuhi syarat-syarat keindahan dibandingkan dengan atap-atap lain di sekelilingnya. Kemudian juga pilihan jenis penutup atap menentukan kemiringan atap minimal seperti diuraikan pada tabel berikut.

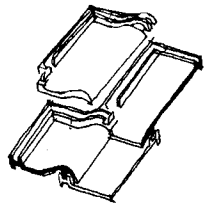
Sistem sambungan bahan pelapis dan penutup atap

Kemiringan atap dipengaruhi selain oleh bahan juga oleh sistem sambungan dan celah. Sebagai kaidah dapat ditentukan: semakin lebih suatu bahan penutup atap terjadi ketirisan dan banyaknya celah-celahan yang terdapat pada pemasangan, makin terjal atapnya harus dibuat supaya air hujan dapat mengalir dengan cepat.

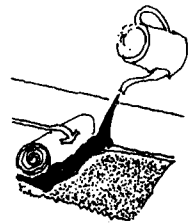
Pada prinsipnya, terdapat tiga macam sambungan, yaitu celah terbuka, celah tertutup/terkunci, dan sambungan bebas celah sebagai berikut:



Celah terbuka
Sirap kayu, bambu, atap seng



Celah tertutup/terkunci
bermacam genting, seng, atau semen serat bergelombang



Tanpa celah
Kertas atap (aspal) yang dilem atau lembaran polimer-bitumen yang merekat jika dipanasi

Tabel jenis bahan penutup atap dan kebutuhan kemiringan

Bahan penutup atap	Cara pemasangan atau jenisnya	Kemiringan atap minimal	bobot miring per m² tanpa konstruksi kuda
Rumbia, ijuk	diikat	40°	100 N/m²
Sirap kayu Sirap bambu	dipaku diikat, berlapis dua	30° 30°	150 N/m² 180 N/m²
Genting biasa/flam	model kecil model besar	40° 40°	300 N/m² 350 N/m²
Genting pres		30°	410 N/m²
Genting beton	Monier	17.5°	450 N/m²
Pelat semen berserat	gelombang besar gelombang kecil	8.5° 8.5°	170 N/m² 150 N/m²
Seng	gelombang BWG 22 datar BWG 22	10° 3°	250 N/m² 300 N/m²
Seng gelombang khusus	tanpa sambungan dengan sambungan	1° 10°	250 N/m² 250 N/m²
Aluminium	datar, tebal 1 mm	3°	250 N/m²
Kaca pengaman tebal > 6 mm	kaca sepuhan, bertulang atau berlapis	30°	180 N/m²
Kertas aspal atau polimerbitumen	rangkap dua rangkap tiga	1.5° 1.5°	100 N/m² 150 N/m²
Atap bertanaman	15 cm tanah di atas atap polimerbitumen	1.5°	3'500 N/m²

Menurut kemiringannya, atap digolongkan sebagai
- atap terjal dengan kemiringan > 23°
- atap landai dengan kemiringan < 23°
- atap datar dengan kemiringan < 5°

7.1.2 Bahan pelapis dan penutup atap

Serat, daun, dan rumput

Serat ijuk didapat dari palem aren (*Arenga pinnata*), tumbuh di antara pelepah-pelepah pada pangkalnya. Palem aren menghasilkan ijuk 4-5 tahun terakhir sebelum tandan-tandan buah timbul. Sebagai lapisan atap dengan kemiringan > 40° ijuk tahan selama 30-80 tahun.[2]

Atap rumbia dibuat dari helai-helai daun rumbia (pohon sagu, *Metroxylon spec.div.*) yang dirangkaikan sedemikian rupa sehingga dapat digunakan sebagai elemen pelapis atap (welitan).[3]

Alang-alang (*Imperata*) adalah sejenis rumput yang sebagai tumbuh-buhan liar tingginya mencapai 20-150 cm. Alang-alang dapat digunakan sebagai penutup atap yang dapat diikat pada tangkai bambu seperti welitan (atap rumbia) atau sebagai ikat dijepit dengan bilah bambu pada reng.[4]

Bambu untuk sirap

Bambu sebagai bahan bangunan yang mudah didapatkan hampir di seluruh Indonesia adalah bahan bangunan yang juga dapat dimanfaatkan sebagai sirap. Bambu harus tua, berwarna kuning jernih atau hijau tua, berbintik-bintik putih pada pangkalnya, berserat padat, dan permukaannya mengkilap, serta di tempat buku tidak boleh pecah. Sirap bambu panjang dapat dipasang sebagai belahan batang bambu yang sambung-menyambung satu sama lain, sepanjang kemiringan atap (mengganti kasau). Sirap bambu biasa diikat dengan lidah pada reng bambu.[5]

---

[2] Bdk.: Frick, Heinz/Koesmartadi, Ch. *Ilmu bahan bangunan.* Yogyakarta: Kanisius, 1999. halaman 52

[3] Bdk.: *ibid.* halaman 54-55

[4] Bdk.: Heyne, K. *Tumbuhan berguna Indonesia.* Jilid I. Jakarta 1987. halaman 147-149

[5] Bdk.: Dunkelberg, Klaus. *Bamboo as a building material.* Diss. dalam: Gass, Siegfried et al. (ed.) *Bambus - Bamboo.* Stuttgart: Institut für leichte Flächentragwerke, 1985. halaman 213, 216

Kayu untuk sirap

Di daerah hutan maupun di kota pada bangunan tradisional maupun yang modern banyak digunakan sirap sebagai pelapis atap. Sirap biasanya dibuat dari kayu Ulin *(Lauraceae eusideroxylon zwageri),* Sengkuang *(Dracontomelon spp.),* Jati *(Verbenaceae tektona grandis),* dan lain-lain yang memiliki keawetan tinggi. Sirap harus lurus seratnya, bebas dari mata kayu dan gubal kayu muda, tidak terdapat retak-retak. Ukuran sirap berkualitas tinggi ialah:

Jenis kayu	panjang	lebar	tebal
Ulin, Sengkuang	500-600 mm	70-100 mm	3-5 mm
Jati (ukuran tradisional)	400-930 mm	100-470 mm	10-30 mm

Daya tahan sirap tergantung pada jenis kayu dan terjalnya atap yang dipilih, antara 8-25 tahun. Kemiringan atap minimal seharusnya 30°. Sirap dapat dibuat dengan cara membelah atau mengupas dengan mesin vinir. Bergantung pada mutu sirap dan penggunaan bangunan, sirap dapat dipasang berlapis 2, 3, atau 4. Atap sirap dipasangkan pada papan atau pada reng. Untuk rumah tinggal sebaiknya dipasang rangkap 4.

Tanah liat untuk genting

Tanah liat dalam susunan tertentu dapat digunakan untuk produksi genting keramik yang dibakar dalam suhu yang cukup tinggi, sehingga tidak dapat hancur apabila direndam dalam air atau diinjak oleh manusia. Pembuatan genting dapat dilakukan dengan cara sederhana *(home industry),* dengan peralatan sederhana maupun mesin modern dan serba otomatis.[8]

Logam (seng dan aluminium)

Seng adalah jenis logam yang biasa digunakan untuk perlindungan terhadap terjadinya korosi baja, dengan menggunakan cara menyepuh atau melapisi secara galvanis.[9] Di Indonesia atap seng gelombang masih sering digunakan karena harganya agak murah. Atap seng ke-

---

[6] NI-102. *Normalisasi sirap kayu besi.* Bandung 1956

[7] Hamzuri. *Rumah tradisionil Jawa.* Jakarta n.d. halaman 8

[8] Bdk.: Frick, Heinz/Koesmartadi, Ch. *op.cit.* halaman 88-91; serta: NI-19. *Peraturan genteng keramik Indonesia.* edisi ke-2. Bandung 1975

[9] Bdk.: *ibid.* halaman 122-123

dap air hujan dan tahan lama, dengan kekecualian pada daerah yang udaranya tercemar sulfur (dekat gunung api dan sebagainya).

Aluminium terbuat dari 66% bauksit dan 33% tanah liat dengan proses elektrolisis pada suhu 950-970°C dibagi atas aluminium dan oksigen. Proses ini membutuhkan 72'500 kWh daya listrik arus searah per ton aluminium. Aluminium termasuk golongan logam ringan yang dapat dicor, digilas, ditarik, ditekan, dan dilas. Karena aluminium akan rusak oleh kapur, gips, adukan semen dan beton, bagian konstruksi bangunan yang terbuat dari aluminium harus dilindungi pada tempat bangunan.[10]

Kaca

Kaca adalah bahan tembus cahaya dan jernih, yang terbentuk jika pasir kuarsa putih (58.6%), soda dan potas (21.5%), kapur, dolomit dan felspar (23.9%) dilebur. Dalam proses pembuatannya, kaca dapat ditarik, dituang, atau diapung. Untuk membuat atap dari kaca, harus digunakan kaca pengaman *(safety glass)* seperti kaca sepuhan (kaca yang permukaannya diperkeras sehingga jika pecah akan ber-bentuk kristal yang tidak tajam), kaca bertulang (pada waktu proses penuangan, kawat logam dimasukkan ke dalam massa kaca cair, sehingga diperoleh kaca yang diperkuat), atau kaca lapis (yang terdiri dari dua lapisan atau lebih, di antara masing-masing lembar kaca terisi lapisan seloid atau getah epoksi).[11]

Kertas aspal dan polimerbitumen

Aspal buatan diperoleh dari hasil sampingan penyulingan minyak bumi secara bertingkat, yang akan menghasilkan berbagai jenis bitumen. Bitumen dapat digunakan sebagai lapisan kedap air pada ba-ngunan, diperkuat dengan kertas atau anyaman serat kaca menjadi kertas aspal/kertas atap untuk atap datar, atau dengan tambahan 10-15% polimer (biasanya karet sintetis berdasar stirolbutadien-stirol SBS) terdapat lembaran polimerbitumen yang dapat dilem atau merekat jika dipanasi sebagai lapisan kedap air pada atap datar.[12] Kertas aspal dipasarkan dalam rol selebar 1.00 m dengan panjangnya biasanya 10.00 m.

Semen berserat untuk genting dan pelat

Semen berserat adalah bahan campuran yang terdiri dari semen portland (perekat), pasir (agregat halus), serat alam atau serat buatan (bahan tambahan), serta air. Untuk bahan pelapis dan penutup atap dapat digunakan serat berikut:[13]

asbes (serat batu alam) yang, bila dicampur dengan semen dan air, menghasilkan pelat asbes-semen datar maupun bergelombang, yang murah, kuat, dan tahan lama. Harap diperhatikan bahwa serat asbes dapat mengakibatkan kanker paru-paru. Oleh karena itu serat asbes dilarang digunakan di negara maju.

serat organik seperti serat kelapa, ijuk, rumput, goni, sisal, jerami, tekstil bekas, dan sebagainya dapat dimanfaatkan untuk menggganti asbes pada pelat semen-serat yang datar maupun yang bergelombang, yang lebih murah, tetapi kurang kuat dan kurang tahan lama. Oleh karena itu di negara maju digunakan serat sintetis. Campuran ini juga dapat dimanfaatkan untuk membuat genting semen-serat yang ringan dan tipis.

Beton untuk genting

Genting beton dibuat dari semen portland, pasir <1.9 mm ø butir, dan air. Ciri-ciri genting beton adalah ukuran yang lebih besar daripada genting tanah liat. Pada kedua sisi memanjang ada alur yang letaknya berlawanan arah sehingga bila disusun akan saling bertangkapan/menutup.[14]

7.1.3 Penentuan pelapis dan penutup atap yang baik

Hubungan erat antara bentuk, struktur dan konstruksi, serta bahan bangunan, baik untuk konstruksi kuda maupun untuk pelapis dan penutup atap yang saling mempengaruhi, telah digambarkan dengan tabel pada buku *Ilmu konstruksi struktur bangunan*.[15]

Berikut ini adalah pola pikir atau alur pikir *(mental model)* yang mempertimbangkan analisis (penyelidikan persoalan), konstruksi dan perwujudan persyaratan, serta pelaksanaan dan sintesis (penilaian paduan penyelesaian) dalam menentukan pelapis dan penutup atap yang baik.

---

[10] Bdk.: Frick, Heinz/Koesmartadi, Ch. *op.cit.* halaman 120-121
[11] Bdk.: *ibid.* halaman 124-126
[12] Bdk.: *ibid.* halaman 140-141
[13] Bdk.: Frick, Heinz/Koesmartadi, Ch. *op.cit.* halaman 151-158
[14] Bdk.: *ibid.* halaman 107-108
[15] Frick, Heinz/Pujo. L Setiawan. *Ilmu konstruksi struktur bangunan. Cara membangun kerangka gedung.* Seri konstruksi arsitektur 4. Yogyakarta: Kanisius, 2001. halaman 193

Pola pikir untuk penentuan pelapis dan penutup atap yang baik

Daftar penilaian pelapis dan penutup atap

↓

Permasalahan dan analisis (penyelidikan persoalan)

↓

Pengaruh luar

- akibat berhubungan dengan fisika alam seperti curah hujan, angin dsb. (efek di luar kemampuan manusia)
- tugas pelapis dan penutup atap berhubungan dengan fungsi pokok yang dibutuhkan manusia
- perencanaan sesuai struktur bangunan, bentuk atap dan konstruksi kuda-kuda

↓

Persyaratan atas pelapis dan penutup atap menurut analisis

↓

Perwujudan konstruktif menurut bahan pelapis dan penutup atap

- Celah terbuka: Sirap kayu, bambu, seng dsb. menuntut pelapis atap dan atap terjal
- Celah tertutup/terkunci: Bermacam genting, seng atau pelat semen serat bergelombang
- Tanpa celah: Atap seng gelombang khusus, atap kertas aspal, polimerbitumen, dsb. yang sambungannya dilem/dilas

↓

Perdagangan dan pasaran bahan bangunan

↓

Permasalahan pelaksanaan (materialisasi)

- Faktor sosial: Keamanan, kedap air hujan, mudah disesuaikan dan dipelihara, serta kesinambungan (tahan lama)
- Faktor ekonomi: Biaya pembangunan, manajemen di lapangan kerja, bahan bangunan yang dibakukan (distandardisasi)
- Faktor bahan bangunan dan teknologi: Berdasarkan pada bahan bangunan yang ekologis dan sedia lokal (bahan pelapis maupun bahan penutup atap)

↓

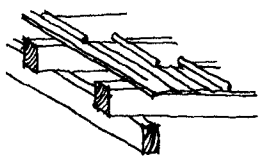
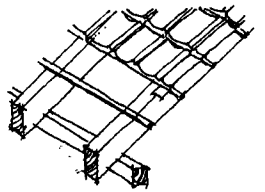
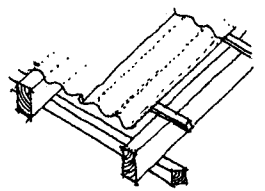
Pertimbangan dan evaluasi alternatif penyelesaian (sintesis)

MILIK
Badan Perpustakaan
Propinsi Jawa Timur

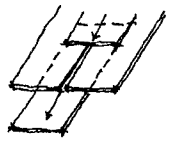
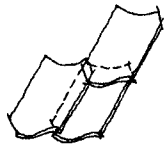
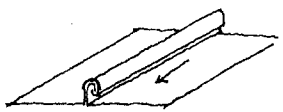
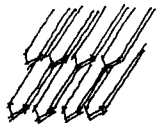
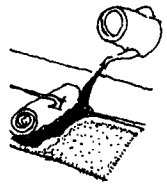
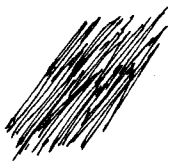
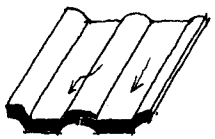
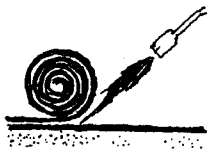
Penerapan daftar penilaian dan evaluasi pelapis/penutup atap

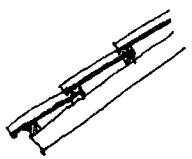
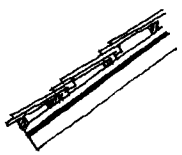
Pola pikir atau daftar penilaian (lihat halaman 8) akan diterangkan tahap demi tahap. Contoh penerapan penentuan pelapis dan penutup atap yang baik perlu melalui pertimbangan fungsi dan tugas, maupun persyaratan yang perlu diperhatikan sebagai berikut:

Tahap 1 (penyelidikan persoalan):

Permasalahan dan analisis (pertimbangan pengaruh)		
Pengaruh luar	Fungsi dan tugas	Struktur dan bentuk
Efek di luar kemampuan manusia misalnya: hujan, angin, debu Efek yang diakibatkan oleh kegiatan manusia misalnya: kebisingan, kebakaran, debu industri dsb. (lihat tabel halaman 1-2)	– Secara imaterial: membatasi ruang manusia dari angkasa (mikrokosmos-makrokosmos) – Secara material: memberi perlindungan terhadap pengaruh luar berfungsi sebagai penutup terhadap masuknya air hujan dengan perhatian atas kemiringan atap minimal, sistem saling menutup pada celah, dan sebagainya. mengalirkan air hujan selangsung mungkin dengan bentuk atap yang sederhana, talang yang memadai, tanpa jurai dalam dan bentuk atap yang rumit.	 Penggunaan kertas aspal dan sebagainya tidak mempengaruhi struktur dan bentuk  Penggunaan genting membutuhkan banyak kasau sebagai pendukung reng dan bentuk atap bersegiempat  Penggunaan pelat semen serat bergelombang menghemat jumlah kasau namun bentuk atap yang dipilih harus sangat sederhana

Tahap 2 (perwujudan konstruktif dan bahan bangunan):

Perwujudan konstruktif menurut bahan pelapis dan penutup atap		
Celah terbuka	Celah tertutup/terkunci	Tanpa celah
 sirap kayu, sirap seng	 genting biasa/flam	 celah terlipat rapat
 sirap bambu	seng/semen serat bergelombang	 sambungan yang dilem
 atap rumbia	 genting pres atau beton dengan celah terkunci	 sambungan yang merekat jika dipanasi

Atap dengan penutup tunggal	Atap dengan penutup rangkap dua	Atap dengan pelapis dan penutup
prinsip penghawaan ruang atap:		
 genting, seng, atau semen-serat bergelombang	sirap, atap rumbia	 pelat semen berserat, kayu lapis, papan kayu

Jenis bahan atap		Ukuran dalam perdagangan	Harga Rp. (Juli 1999)
Daunan	Rumbia	m^2	2'000.—
Kayu	Sirap	m^2	15'000.—
Tanah liat:	Genting flam kelas I	m^2	16'000.—
	Genting flam kelas II	m^2	6'500.—
	Genting pres biasa	m^2	10'000.—
	Genting pres berglasur	m^2	22'000.—
Beton:	Genting beton	m^2	8'000.—
Pelat semen berserat:	bergelombang besar	m^2	10'000.—
	bergelombang kecil	m^2	10'000.—
Seng:	Seng gelombang BWG 22 (konversi BWG → BJLS lih. lampiran)	m^2	10'000.—
	Seng datar BWG 22	m^2	8'000.—
	Pelat datar aluminium 1 mm	m^2	18'000.—
	Seng gelombang khusus	m^2	22'000.—
Kertas atap:	Kertas aspal Polimerbitumen	m^2 (belum diperdagangkan)	10'000.—

Tahap 2 ini jangan keliru dimengerti. Di samping biaya pembangunan yang dapat dihitung dalam rupiah, ada juga nilai pembangunan secara imaterial yang tidak ternilai dalam mata uang tetapi sangat berharga bagi jiwa dan kesehatan manusia serta ekologi. Harga bahan yang murah pada masa kini bisa menjadi bahan yang luar biasa mahal pada masa depan, misalnya karena besarnya biaya pembongkaran atau karena pembuangan puing mencemari lingkungan dan karena itu menuntut perhatian khusus. Informasi harga bahan bangunan harus dilengkapi dengan seluruh rantai bahan (bahan mentah, pengolahan bahan, penggunaan, masa pakai, pemeliharaan, kemungkinan mendaur ulang, dan kebutuhan TPA, serta pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh kegiatan tersebut), bahan (bahan mentah yang digunakan), dan energi yang dibutuhkan dalam rantai bahan.[16]

Apabila pada tahap 2 (perwujudan konstruktif dan bahan bangunan) muncul kesulitan, maka perlu diadakan pertimbangan kembali dengan memperhatikan tahap 1.

[16] Bdk.: Frick, Heinz/FX. Bambang Suskiyatno. *Dasar-dasar eko-arsitektur.* Yogyakarta: Kanisius, 1998. halaman 113-114, 127-128

Tahap 3 (permasalahan pelaksanaan):

Pertimbangan realisasi		
Faktor sosial	Faktor ekonomi	Faktor bahan bangunan
– Keamanan (kesan tahan lama atau tidak, ringan atau berat) – Kesehatan (bahan bangunan yang tidak mengganggu kesehatan penghuni) – Mudah disesuaikan (atap yang dapat digunakan semua atau sebagian tanpa merusak elemen pertama atap, apabila bangunan akan diubah sehubungan dengan penambahan kebutuhan ruang) – Keindahan dan status sosial (sesuai pendapat pribadi)	– Biaya pembangunan (penggunaan biaya secara teliti dan efisien) – Manajemen waktu (pengaturan waktu pelaksanaan pemasangan atap dengan teliti agar tidak terjadi pemborosan waktu dan tenaga) – Bahan bangunan yang dapat dibakukan/distandardisasi (mempunyai ukuran elemen yang sama, sehingga dapat ditukar tempat apabila memungkinkan dan juga dapat menghemat biaya produksi)	– Bahan bangunan setempat (memanfaatkan bahan bangunan lokal yang belum diproses atau melalui proses sederhana saja baik secara mekanis maupun kimiawi) – Bahan bangunan yang memenuhi tuntutan ekologis, yakni: · masa pakai lama · sedikit mencemari tanah, udara, air · dapat digunakan bertumbuh kembali · tidak mempengaruhi kesehatan penghuni

Penilaian kadar mutu ekologis per kilogram bahan bangunan[17]			
Bahan bangunan	PEI (yang tidak dapat diperbarui)	Efek rumah kaca 100a (CO_2 ekuivalen)	Pengasaman (SO_x ekuivalen)
Kasau dan reng kayu	1.00 MJ	-1.550 kg	2.20 g
Papan kayu (dikeringkan)	3.60 MJ	-1.550 kg	1.95 g
Kertas aspal	47.00 MJ	0.500 kg	5.70 g
Polimerbitumen	50.10 MJ	1.050 kg	6.50 g
Genting biasa/pres	3.60 MJ	0.350 kg	1.20 g
Genting beton	2.40 MJ	0.280 kg	1.10 g
Pelat semen berserat	14.00 MJ	1.300 kg	5.30 g
Seng datar/gelombang	60.00 MJ	4.100 kg	21.00 g
Aluminium 50% recycl.	127.00 MJ	7.200 kg	62.00 g

[17] Penilaian berdasarkan: IBO / Donau-Universität Krems (ed.). *Oekologischer Bauteilkatalog*. Wien: Springer, 1999. halaman 166-264

Kaca pengaman	14.40 MJ	1.000 kg	2.30 g
PVC, foli sintetik	53.00 MJ	2.200 kg	15.00 g
Triplek, multipleks	6.50 MJ	-1.300 kg	3.20 g
Papan serat kayu semen	4.10 MJ	0.100 kg	1.80 g
Papan serat kayu	15.00 MJ	-0.600 kg	3.40 g

Penilaian kadar mutu ekologis bahan bangunan agak sulit diperhitungkan karena mengandung banyak persoalan yang berbeda-beda. Dalam buku ini penilaian kadar mutu ekologis selalu diperhitungkan per kilogram bahan bangunan tersebut. Definisi tentang energi primer yang terkandung, efek rumah kaca, dan pengasaman dapat diperhatikan dalam *Petunjuk penggunaan buku* (halaman vii di depan) dan pada *Lampiran: 4. Daftar kata-kata* (halaman 235, 239, 240).

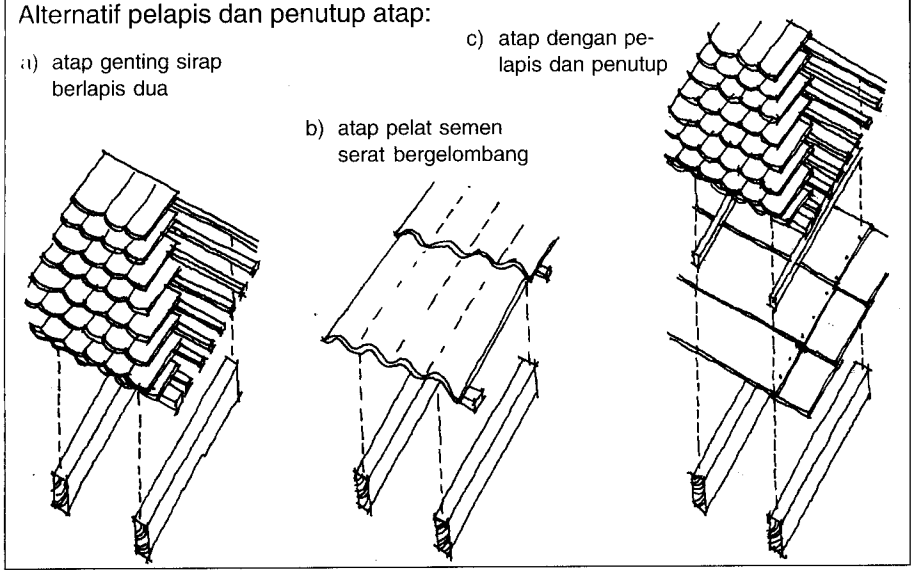
Atas dasar pertimbangan bagian pertama dari tahap 3 (permasalahan pelaksanaan), maka dapat dilanjutkan materialisasi dengan penentuan detail-detail konstruksi atap masing-masing alternatif yang ada termasuk lapisan dan penutup atap.

Alternatif pelapis dan penutup atap:

a) atap genting sirap berlapis dua

b) atap pelat semen serat bergelombang

c) atap dengan pelapis dan penutup

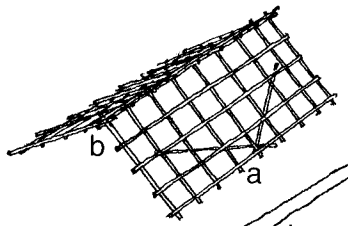


Dengan perhatian pada alternatif konstruksi atap yang ada sebagai sintesis, maka perlu peninjauan kembali dengan melihat tahap 2 untuk dapat menentukan alternatif pelapis dan penutup atap mana yang paling tepat.

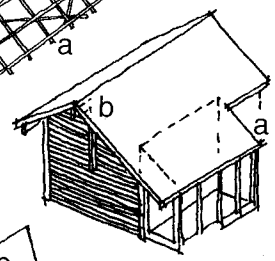
Tugas 5:

Merencanakan pelapis dan penutup atap untuk berbagai struk tur dan bentuk atap sebagai berikut.

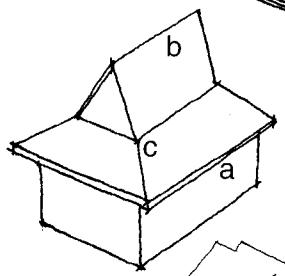
1. Atap pelana,
   konstruksi bambu,
   struktur bangunan rangka
   (rumah panggung)



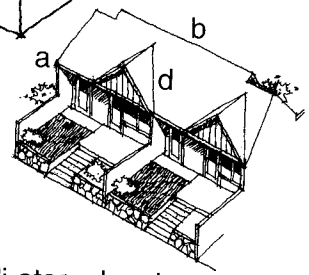
2. Atap pelana,
   konstruksi batu bata dengan
   gunungan dan peran baja profil,
   struktur bangunan masif



3. Atap limasan terpancung,
   konstruksi kuda-kuda kayu,
   struktur bangunan masif



4. Atap pelana dengan gabungan,
   konstruksi kuda-kuda kayu,
   struktur bangunan masif



5. Berdasarkan konstruksi atap tersebut di atas, dapat dipertimbangkan pelapis dan penutup yang baik sebagai berikut:
   - Merencanakan atap dengan penutup tunggal, dengan celah tertutup atau terkunci untuk 4 atap tersebut di atas
   - Merencanakan atap dengan penutup rangkap dua, dengan celah terbuka untuk 4 atap tersebut di atas
   - Merencanakan atap dengan pelapis dan penutup untuk 4 atap tersebut di atas.
6. Menggambarkan (dengan sketsa sederhana) konstruksi atap pada detail yang ditunjukkan dengan a, b, c, d di atas untuk setiap alternatif pelapis dan penutup atap yang dipilih.

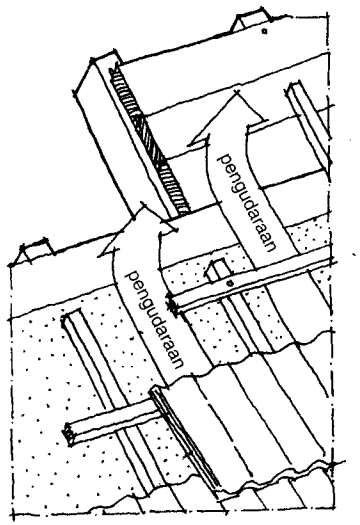
1.2 Pelapis dan penutup atap

1.2.1 Pelapis atap

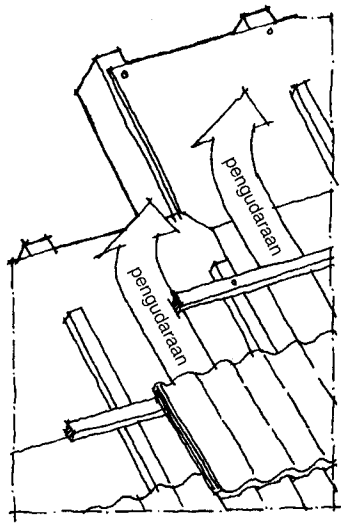
Pelapis atap adalah lapisan tambahan kedap air (jika penutup atap mengalami kebocoran atau meluap karena hujan deras) yang dipasang di atas usuk dan dijepit dengan reng yang dipaku sejajar di sebelah atas pada setiap kasau sebelum reng untuk penutup atap dipasang.

Sebagai bahan pelapis atap dapat digunakan papan tebal 15-25 mm dan lebar 100-180 mm yang dilapisi seng datar, kertas atap, dan sebagainya. Kemungkinan lain ialah pelat tripleks 5-6 mm tebal (ukuran 1'220 x 2'440 mm) yang permukaan atasnya dicat malam sehingga kedap air, atau pelat semen berserat datar (ukuran 1'000 x 1'000 mm atau 1'000 x 2'000 mm).[18]

Setiap pelapis atap harus diberi pengudaraan sehingga air yang merembes dari penutup atap dapat mengalir ke tirisan, dan embun bawah genting dan sebagainya dapat menguap dengan mudah. Makin baik pengudaraan ini berfungsi, makin kurang panas ruang atapnya.



Pelapis atap dari papan kayu yang dilapisi seng datar atau kertas atap (kertas aspal atau polimerbitumen)



Pelapis atap dari tripleks yang dicat malam di permukaan atasnya, atau pelat semen berserat datar

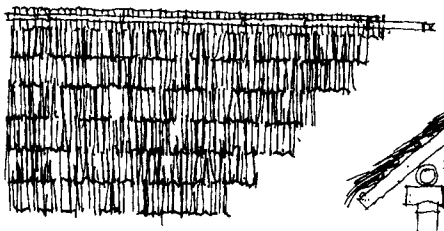
[18] Frick, Heinz. *Konstruktionslehre für Zimmerleute.* Richterwil 1995. hlm. 5.4

7.2.2 Penutup atap terjal

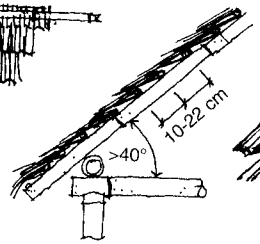
Penutup atap adalah lapisan kedap air teratas pada konstruksi atap (seperti serat, daun dan rumput alam, genting, kaca, pelat semen berserat, atau seng gelombang, dan sebagainya).

Atap rumbia

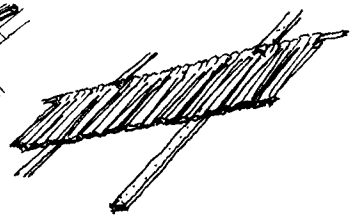
Atap rumbia dibuat dari helai-helai daun rumbia yang dirangkaikan berbentuk sisir sehingga dapat digunakan sebagai penutup atap.[19] Satu helai atap rumbia disebut jalon atau welit. Pembuatannya diatur seperti berikut. Dipilih tangkai daun yang cukup bagus helai-helainya yang kemudian dipisahkan dari tangkainya, dililitkan pada sebuah tongkat bambu, dan diikat seperti jahitan pada tongkat tersebut. Atap rumbia biasanya tahan lama sekitar 3-4 tahun.



Atap rumbia



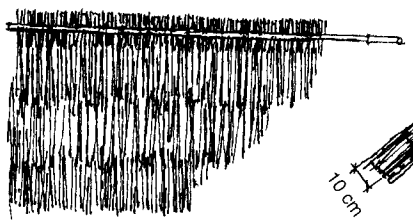
Detail tirisan



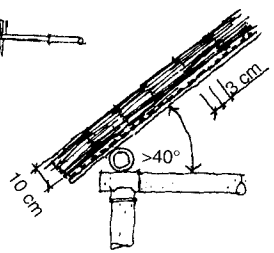
Pembuatan welitan

Atap ijuk dan atap alang-alang

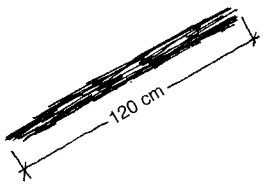
Atap ijuk dihasilkan dari serabut palem aren *(Arenga pinnata)* dengan panjang ± 30 cm. Sebagai bahan penutup atap ijuk dengan serabut tersebut dibentuk sehelai ± 120 cm panjang dan ø 6 cm. Helai-helai itu kemudian diikat (menggunakan tali bambu, rotan, atau ragum) langsung pada reng dengan jepitan bilah bambu. Atap ijuk terdiri dari minimal dua lapisan.



Atap ijuk



Detail tirisan

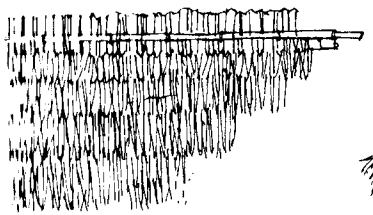


Pembuatan helai ijuk

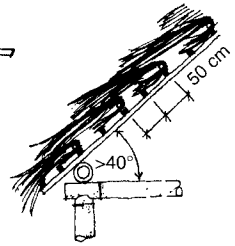
[19] Bdk.: Frick, Heinz/Koesmartadi, Ch. *op.cit.* halaman 54-55

Atap ijuk biasanya tahan lama sekitar 30-80 tahun. Makin terjal penutup atap, makin lama atap ijuk tahan.[20]

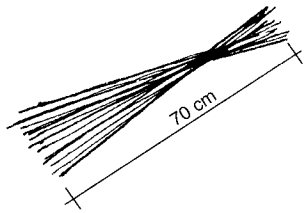
Alang-alang *(Imperata)* merupakan rumput yang juga dapat dipakai sebagai penutup atap. Caranya mirip dengan atap rumbia: seikat rumput yang panjangnya > 70 cm dilipat pada sebuah tongkat bambu dan diikat seperti jahitan pada tongkatnya. Kemudian sisir ini diikatkan pada reng.[21]



Pembuatan atap alang-alang



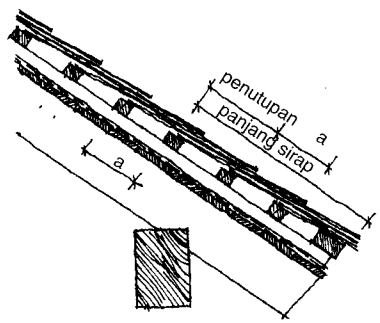
Detail tirisan

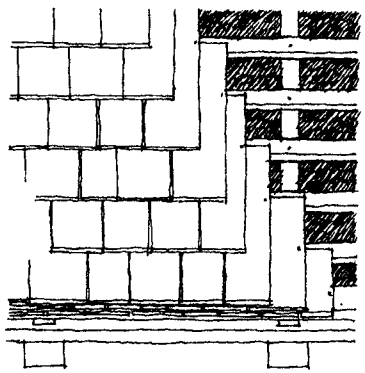


Seikat alang-alang

Sirap kayu dan sirap pelat semen berserat

Sirap kayu harus dibuat dari kayu kelas awet yang seratnya lurus, bebas dari mata kayu, serta tidak retak-retak. Pada umumnya dapat dibedakan antara sirap papan dengan panjang 400-930 mm, lebar 100-470 mm, dan tebal 10-30 mm, dan sirap biasa dengan panjang 500-600 mm, lebar 70-100 mm, dan tebal 3-5 mm. Sirap pelat semen berserat dalam berbagai ukuran dapat dipasang seperti sirap kayu, yakni dengan 2, 3, atau 4 lapis dan dengan paku pada reng seperti terlihat pada gambar berikut





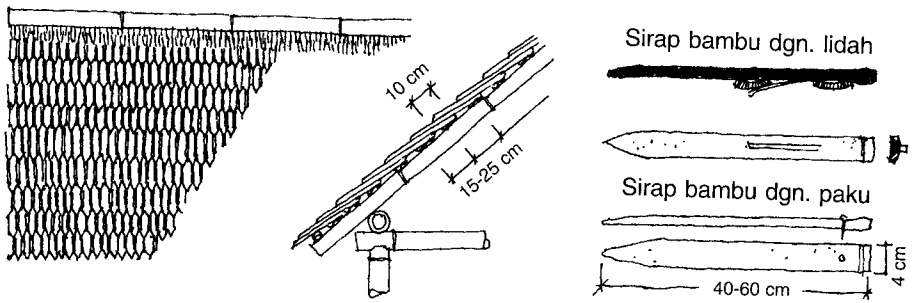
Pemasangan atap sirap kayu

[20] Bdk.: Dunkelberg, Klaus. *op.cit.* hlm. 222 (termasuk ilustrasi yang digambar ulang)
[21] Bdk.: *ibid.* halaman 118 (termasuk ilustrasi yang digambar ulang)

MILIK
Badan Perpustakaan
Propinsi Jawa Timur

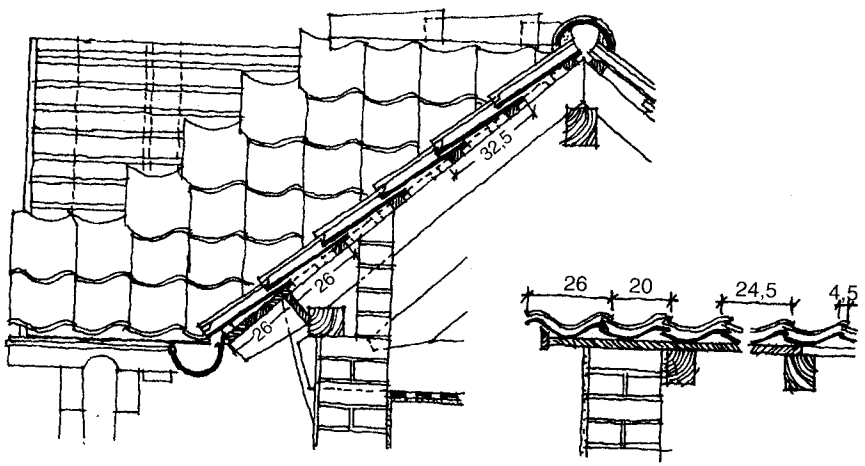
Sirap bambu

Sirap bambu dibuat dari bambu yang tua, berdiameter besar tetapi masih hijau. Bambu dipotong dekat pada ruas (makin besar jarak, makin panjang sirap) kemudian dibelah sehingga terdapat sirap selebar ± 40 mm dan diruncing ujungnya. Di bagian luar bambu (bagian bawah sirap) dipotong lidah sehingga sirap dapat diikat pada reng bambu.



Pemasangan atap sirap bambu[22]

Atap genting biasa (genting flam) dan genting semen serat



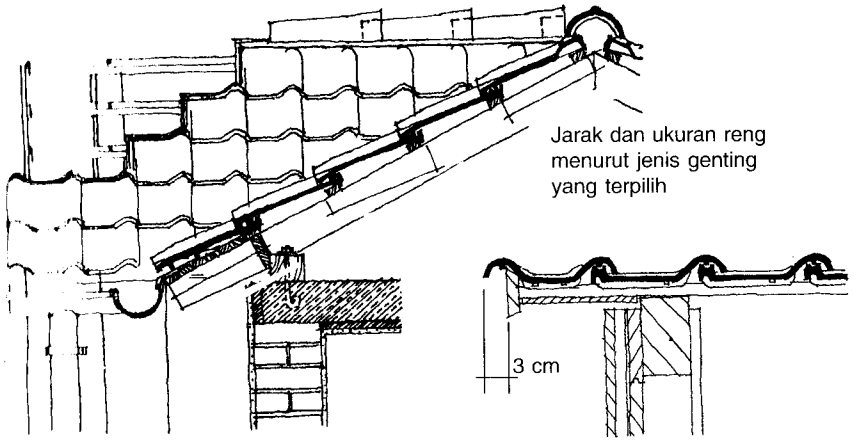
Pemasangan genting biasa (genting flam) atau genting semen serat dengan detail tirisan, bubungan, dan pinggiran gevel[23]

[22] Digambar ulang menurut: Dunkelberg, Klaus. *op.cit.* halaman 216

[23] Digambar ulang menurut: Schmitt, Heinrich. *Hochbaukonstruktion.* Ravensburg: Otto Maier, 1956. halaman 471

Atap genting pres dan atap genting beton

Sebagian dengan sirap, genting biasa, dan sebagainya, atap genting pres dan atap genting beton memiliki celah terkait. Hal ini berarti genting ini tidak dapat dipasang pada reng berjarak sembarangan, melainkan jarak tersebut harus sesuai dengan ukuran yang ditentukan oleh produsen dengan selisih ± 5-7 mm. Harus diperhatikan bahwa atap genting beton mempunyai bobot 10-20% lebih besar dari-pada genting pres atau genting biasa dari tanah liat.



Pemasangan genting pres dan atap genting beton dengan detail tirisan, bubungan, dan pinggiran gevel[24]

Pada pemasangan genting di pinggiran gevel, sebaiknya genting masing-masing menonjol minimal 30 mm dari lisplank gevel. Dengan begitu, lisplank gevel terlindung dan tidak perlu lebar-lebar serta tahan lama. Setiap genting di pinggiran gevel dilubangi dengan bor sebelum dipasang, kemudian dipaku ke dalam reng pada genting masing-masing. Pada pemasangan genting beton, semua genting selanjutnya juga harus dipaku pada setiap barisan genap dengan paku 2½" BWG 11 (genting beton biasanya sudah dilengkapi dengan lubang tersebut).

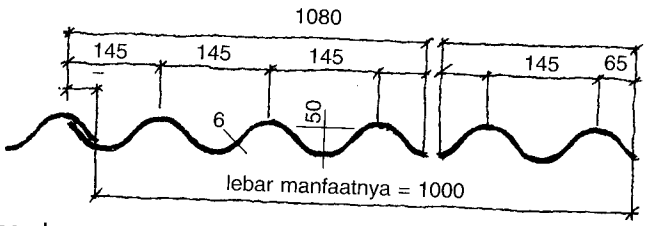
Konstruksi pinggiran gevel maupun tirisan bagian bawah genting harus dilindungi dengan papan, pelat semen berserat, dan sebagainya sehingga genting tersebut tidak terbawa oleh angin.

[24] Digambar ulang menurut: Schmitt, Heinrich. *op.cit.* halaman 474

Atap pelat gelombang berukuran besar

Pelat gelombang berukuran besar adalah penutup atap yang menuntut struktur dasar yang cocok. Yang menguntungkan adalah struktur pelat dinding sejajar (misalnya rumah berderet) atau konstruksi portal dengan jarak 3.0-4.0 m dengan kasau berbentuk peran saja yang mendukung pelat gelombang berukuran besar. Pelat gelombang berukuran besar diperdagangkan sebagai: pelat semen berserat gelombang besar maupun kecil, pelat seng gelombang dan pelat aluminium gelombang, serta pelat seng gelombang khusus.

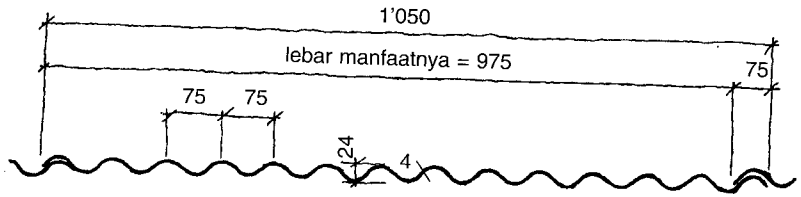
Pelat semen berserat gelombang besar dengan ukuran 100, 125, 150, 180, 210, 240, 270, atau 300 x 108 cm. Luas manfaatnya: panjang pelat dikurangi 25 cm, lebar dikurangi 8 cm.



Pelat semen berserat gelombang besar

Selain lembaran pelat bergelombang yang lurus, terdapat juga lembaran pelat yang lengkung ke bawah, yang dilipat ke bawah, serta profil khusus menurut kebutuhan.[25]

Pelat semen berserat gelombang kecil dengan ukuran 150, 180, 210, 240, 270, atau 300 x 105 cm. Luas manfaatnya: panjang pelat dikurangi 25 cm, lebar dikurangi 7.5 cm.

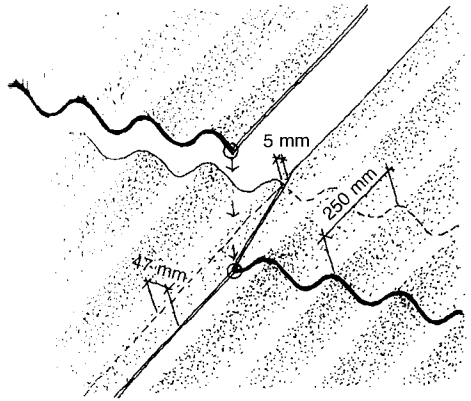


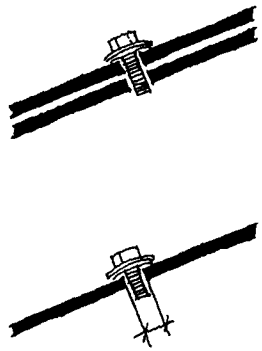
Pelat semen berserat gelombang kecil

Selain lembaran pelat bergelombang besar/kecil, juga terdapat lembaran poliester gelombang untuk menjamin cahaya dari atap.

[25] Bdk.: Frick, Heinz/Koesmartadi, Ch. *op.cit.* halaman 154-156

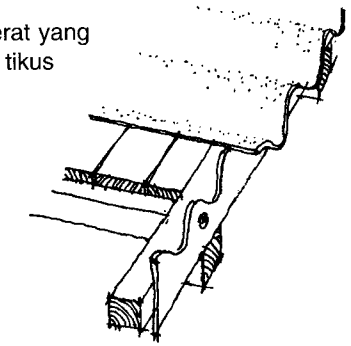
Setiap pelat semen berserat gelombang harus diikat dengan 4 sekrup pada rong peran (5x7 cm, berjarak < 110 cm) atau kasau berbentuk peran (- 4x12 cm, berjarak < 110 cm). Pada titik tumpangan 4 pelat tersebut, seharusnya dua ujung dipotong sebagai berikut:

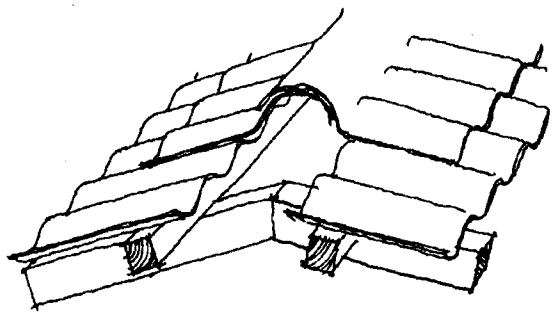




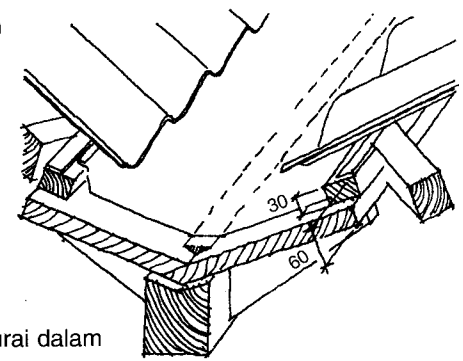
Sambungan titik tumpangan 4 pelat semen berserat serta pemasangan sekrup

Detail tirisan dengan lisplank dari pelat semen berserat yang datar, dipotong bergelombang sehingga burung dan tikus tidak dapat masuk ke ruang atap



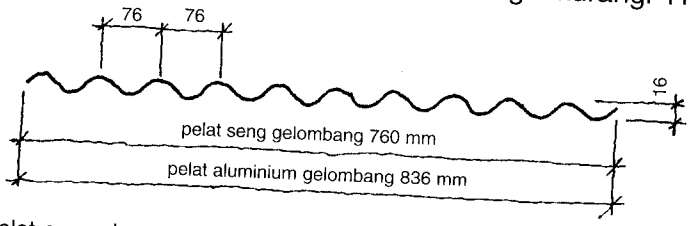


Detail sambungan pada bubungan dengan menggunakan profil bubungan ganda

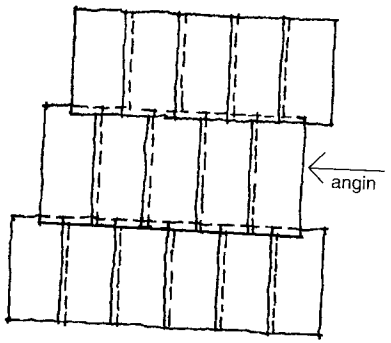


Detail pada jurai dalam

Pelat seng gelombang dengan ukuran 183 x 76 cm (BWG 20, 22, 24, 26, atau 28, konversi BWG - BJLS lihat lampiran), **pelat aluminium gelombang** dengan ukuran 200 x 83.6 cm (tebal 0.5, 0.7, 0.8, atau 1.0 mm). Luas manfaatnya: panjang pelat dikurangi 20 cm, lebar dengan tumpangan minimal 1½ gelombang dikurangi 11.4 cm.



Pelat seng dan aluminium gelombang



Seperti pada semua penutup atap pelat gelombang berukuran besar, harus diperhatikan arah angin sehingga air hujan tidak terdorong oleh angin ke dalam celah tumpangan. Tumpangan samping berbeda dengan pelat semen berserat; sebaiknya pelat seng dan aluminium gelombang dipasang secara selang-seling menurut gambar.

Tumpangan samping secara selang-seling

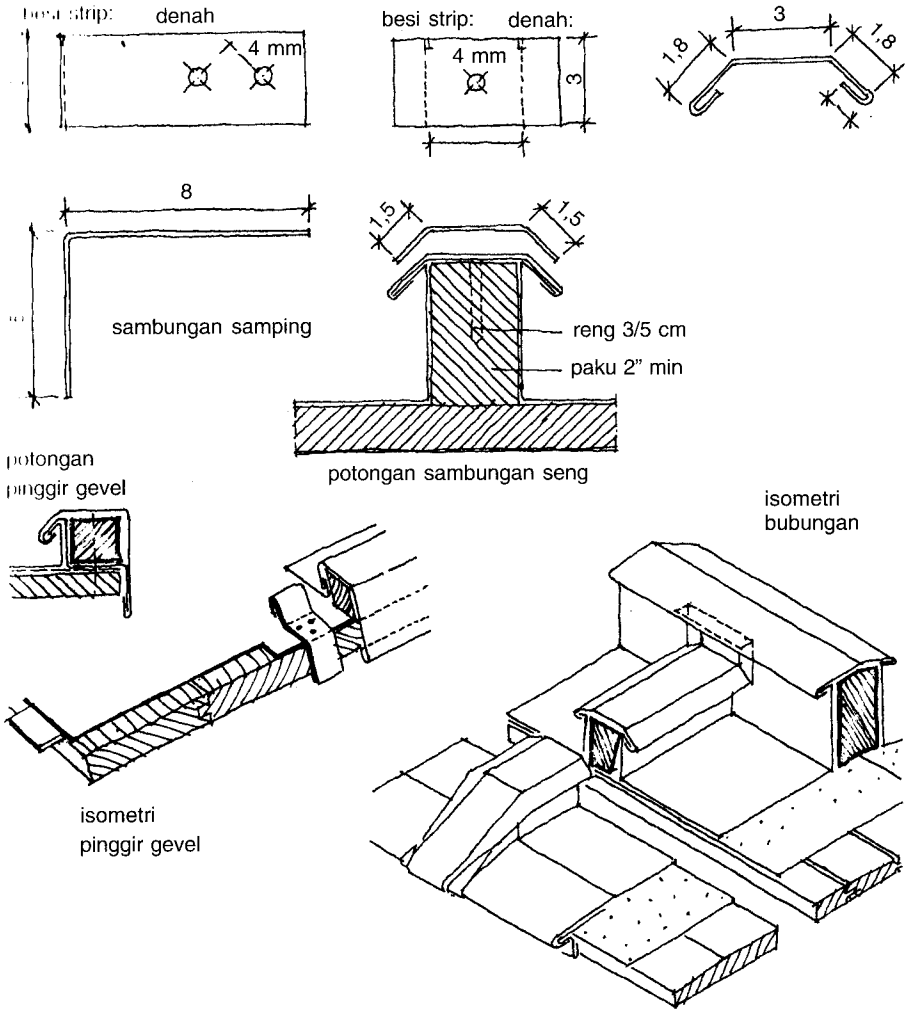
Jarak reng peran (5x7 cm) ditentukan menurut tebalnya seng yang dipilih antara 45-60 cm (panjang manfaat seng dibagi 3 atau 4). Pemakuan dlakukan selalu pada puncak gelombang (jangan pada jurang) dengan menggunakan paku khusus berkepala bundar pipih besar atau paku biasa 2½" BWG 11 atau 3" BWG 10 dengan ring. Paku apa pun yang dipilih selalu diberi tambahan ring karet (dipotong dari ban dalam mobil) sehingga lubang seng tetap kedap air.

Pelat seng gelombang khusus. Sebagai perkembangan atap seng gelombang biasa dapat digunakan penutup atap seng gelombang khusus yang mengandung keuntungan bahwa kekuatan lebih tinggi, dan yang berarti jarak kasau berbentuk peran (biasannya konstruksi baja) dapat dijauhkan sampai 1.90 m, dengan panjang selembar sampai 15.00 m. Karena panjangnya ini, lapisan atap tidak perlu disambung dan kemiringan atap boleh sangat landai (> 1°).[26]

[26] Bdk.: Frick, Heinz/Koesmartadi, Ch. *op.cit.* halaman 123

Atap seng datar

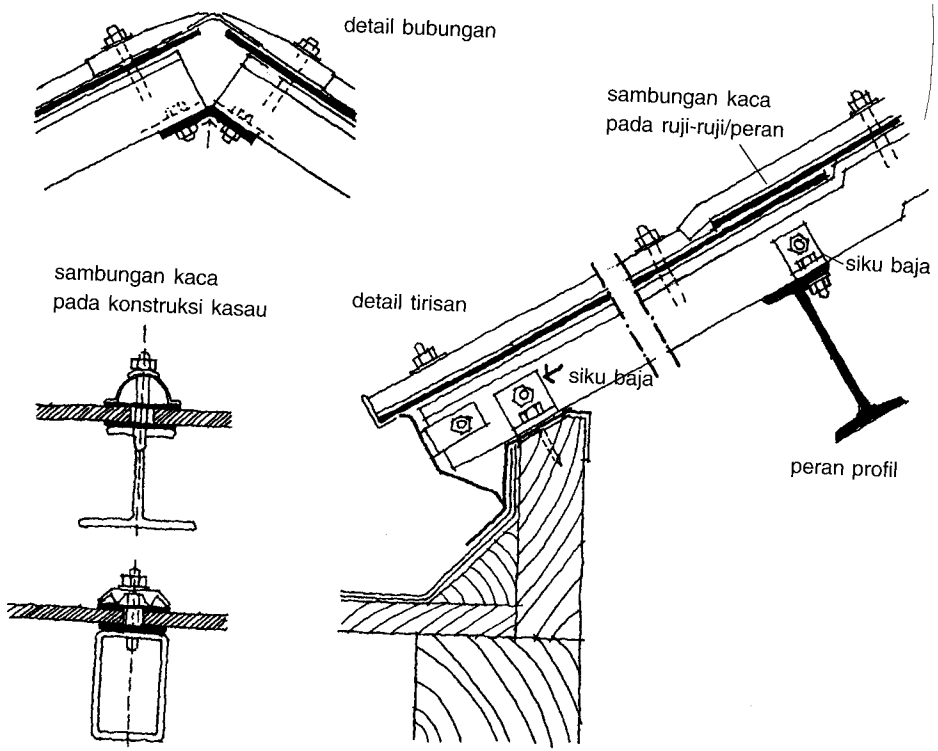
Atap seng datar, jikalau dibuat dari seng dalam rol dan bukan lembar-an memiliki keuntungan-keuntungan yang sama seperti pada atap seng gelombang khusus. Perlu diperhatikan bahwa seng datar tidak boleh dipaku di mana saja karena penyusutan oleh perubahan suhu selalu berbeda antara seng datar dan konstruksi dasarnya. Konstruksi pengikatan selalu terdiri dari peralatan besi strip 30x1.5 mm dan seng datar dilipat dan digeser pada tempatnya. Detail-detail konstruksi terlihat pada gambar berikut ini.



Gambar detail konstruksi dan isometri untuk atap seng datar

Atap kaca

Penutup atap kaca dimanfaatkan pada ruang yang membutuhkan cahaya secara alami (misalnya ruang pameran) atau yang perlu dipanasi dengan sinar matahari. Atap kaca biasanya membutuhkan konstruksi kuda baja. Setiap kasau digunakan untuk sambungan kaca yang dilengkapi bilah pelindung, sedangkan ruji-ruji yang terletak di antara kasau hanya boleh dipasang di sebelah bawah penutup atap kaca. Sambungan memanjang dengan tumpangan > 5 cm untuk menghindari pengotoran sambungan tersebut. Kaca yang dipilih adalah kaca pengaman *(safety glass)* seperti kaca sepuhan, kaca bertulang, kaca lapis, atau kaca polikarbonat (poliester termoplastis, sebenarnya bukan kaca). Di daerah iklim tropis penutup atap kaca membutuhkan peneduh khusus *(shading device)* untuk siang hari (pada malam hari berfungsi sebagai pendingin) dan pengudaraan yang memadai. Detail-detail konstruksi terlihat pada gambar berikut ini.



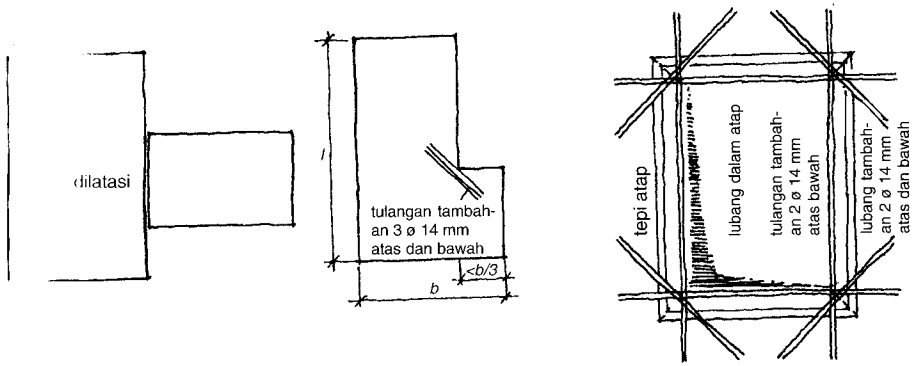
Gambar detail konstruksi penutup atap kaca

Penutup atap datar

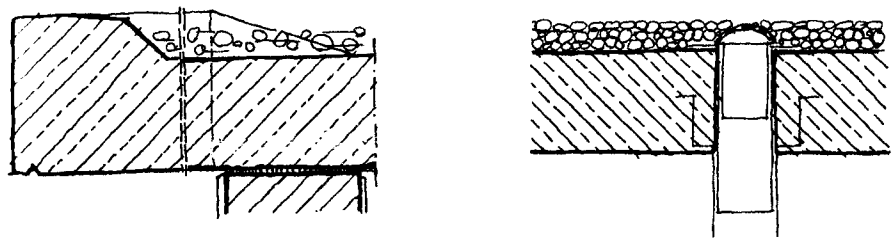
Atap datar berkonstruksi kayu dapat dilapisi dengan kertas atap (aspal atau polimerbitumen) maupun yang berkonstruksi beton bertulang kedap air, dapat dicat atau dilapisi dengan ubin, aspal tuangan, maupun kertas atap. Penutup atap datar harus kedap air, sehingga konstruksi dan konstruksi bangunan terlindung terhadap hujan dan pengaruh cuaca lain.

Penutup atap datar berkonstruksi beton bertulang kedap air

Konstruksi atap datar berkonstruksi beton bertulang kedap air membutuhkan campuran beton khusus (bahan tambahan kimia dan tepung kwarsa) sehingga kedap air, dan penambahan tulangan pada lubang atau sudut-sudut atap masuk. Panjang pelat atap datar < 25.0 m dan luasnya < 600 m^2. Kalau angka tersebut dilewati, maka perlu disediakan dilatasi.[27] Kemiringan minimal harus 3° ke arah pipa saluran air hujan dan tepi atap ditinggikan seperti terlihat pada gambar berikut. Jika perlu, atap ini dapat dicat dengan cat epoksi/poliuretan.



Letak dilatasi dan penambahan tulangan pada sudut atap yang masuk



Detail tepi atap dan sambungan pipa saluran air hujan

[27] Bdk.: Lohmeyer, G. *Flachdächer*. edisi ke-2. Düsseldorf 1993. hlm. 26-41

Penutup atap datar ubin keramik

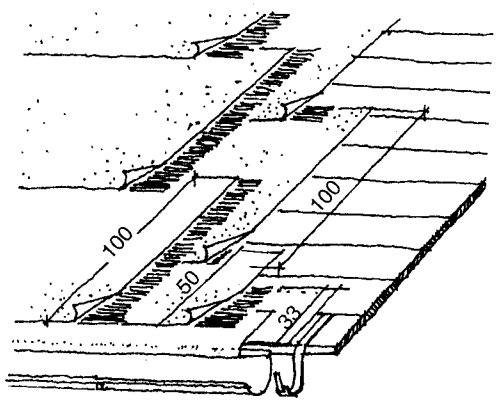
Konstruksi atap datar yang penutupnya ubin keramik harus terdiri dari pelat beton bertulang kedap air dengan kemiringan dan tepi seperti telah diuraikan. Kemudian pelat tersebut dicat dengan aspal panas, yang ditaburi langsung dengan pasir kering. Ubin keramik sekarang dapat dipasang dengan sekitar 2-3 cm mortar. Perlu diperhatikan bahwa luas lantai ubin keramik ini tidak boleh > 12 m^2. Kalau angka tersebut dilewati, maka perlu disediakan dilatasi.

Penutup atap datar aspal tuangan

Konstruksi atap datar yang penutupnya aspal tuangan harus terdiri dari pelat beton bertulang yang dilengkapi plesteran tambahan, sehingga kemiringan yang dibutuhkan terjamin. Kemudian campuran khusus yang terdiri dari aspal, elastomer, tepung batu, dan pasir kasar dituangkan dan digilas sampai tebalnya sekitar 2.5 cm. Tepi pada penutup atap aspal tuangan dibuat mirip seperti pada penutup atap datar kertas atap yang akan diuraikan berikut ini.

Penutup atap datar kertas atap[28]

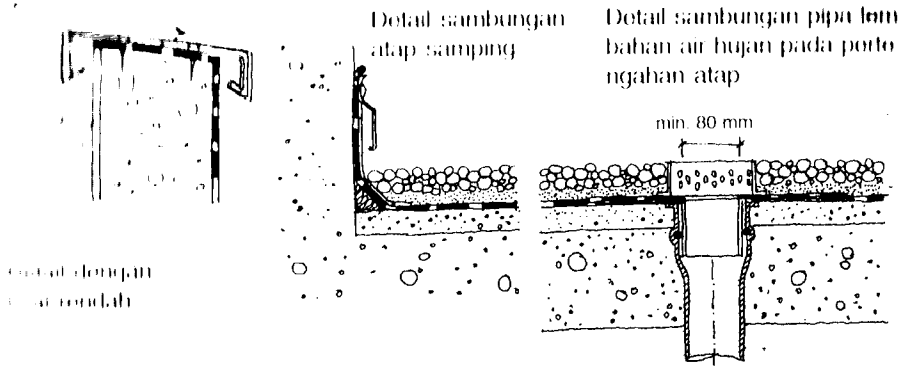
Penutup atap datar kertas atap (kertas aspal atau polimerbitumen) cocok pada konstruksi atap datar dari kayu maupun pelat beton bertulang. Pada konstruksi kayu lapisan kertas aspal pertama dipaku pada konstruksi (lantai) kayu dan sambungan tumpangan samping masing-masing dilem dengan aspal panas berimpitan selebar 8-10 cm.



Lapisan kertas aspal berikut (atau pada konstruksi pelat beton bertulang lapisan pertama) dan lapisan kedua dilem dengan aspal panas pada seluruh bidang (berimpitan juga 8-10 cm). Mutu kertas aspal tergantung pada beratnya. Untuk lapisan pertama dipilih > 500 g/m^2, untuk lapisan penutup teratas minimal 3.0 kg/m^2.

Penutup atap dengan kertas atap

[28] Bdk.: Dournow, Roland. *Ausführungsrichtlinien für Flachdachabdichtungen.* Bern: VERAS, 1989.



Detail tepi atap dan sambungan pipa saluran air hujan

Semua sambungan antara kertas atap dengan seng (misalnya pada pipa lembahan air hujan) sebaiknya dipilih seng aluminium (atau tembaga) berimpitan 10 cm dan dilem dengan aspal panas.

Penutup kertas atap (kertas aspal maupun polimerbitumen) harus selalu dilindungi terhadap kerusakan mekanis. Lapisan yang melindungi penutup atap tersebut biasanya dibuat dari kerikil gunung/kali (yang bundar batunya) tercuci, ukuran ∅ 8-30 mm, dan tebal 40 mm. Lapisan ini juga dapat digunakan pada atap datar berkonstruksi beton bertulang kedap air untuk mengurangi perubahan suhu siang-malam pada pelat atap datar tersebut.

Selain dengan kerikil, penutup kertas aspal dapat juga dilindungi dengan atap bertanaman yang akan diuraikan berikut ini.

Atap bertanaman

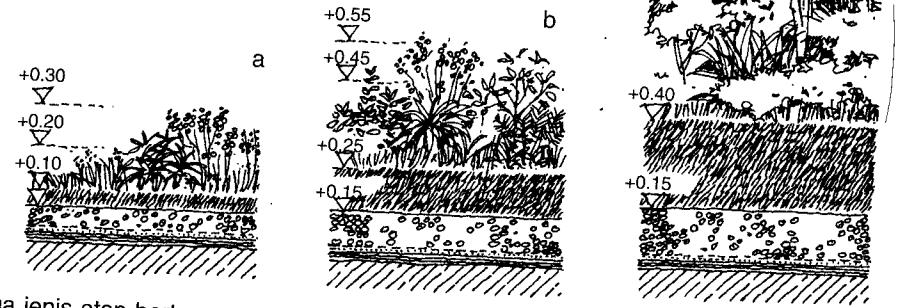
Penggunaan lahan terbuka untuk gedung terutama di perkotaan sudah sangat tinggi. Hal ini mendukung kenaikan suhu di kota karena jalan dan gedung menyimpan sinar panas matahari. Oleh karena itu, makin lama atap bertanaman makin merupakan keharusan di kota yang padat gedung dan jalan.

Sebagai konstruksi dasar atap bertanaman dapat digunakan atap datar berkonstruksi beton bertulang kedap air, pelat beton bertulang biasa, atau konstruksi kayu dengan penutup kertas atap yang kedap air dan tahan terhadap tembusnya akar tanaman.

Harus diperhatikan bahwa tanah yang diletakkan di atas atap datar tersebut, terutama dalam keadaan basah, cukup membebani konstruksi atapnya (± 0.2 kN/m^2 untuk setiap cm tebal tanah).

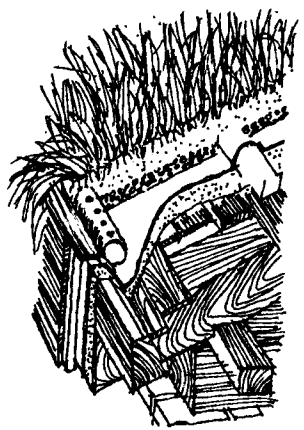
Pada atap bertanaman dibutuhkan tiga lapisan tambahan, yaitu:

- lapisan vegetasi, terdiri dari campuran tanah subur dengan pasir tufa (meringankan bobot dan menambah keseimbangan antara udara dan air dalam tanah) dan kompos setebal 5-25 cm;
- lapisan saringan, terdiri dari serat ijuk setebal minimal 5 cm atau geotekstil yang menghindari bagian tanah halus merembes ke dalam lapisan penyaluran air;
- lapisan penyaluran air, terdiri dari lapisan kerikil gunung/kali (yang bundar batunya) tercuci, ukuran ⌀ 8-16 mm, setebal 5-10 cm.



Tiga jenis atap bertanaman: a) lapisan tipis (penghijauan ekstensif) dengan tanaman rumput yang tahan kering, lidah ayam *(portulaca)*, pacar tembok *(ficus pumila)*, dsb. setinggi 10-20 cm; b) lapisan penghijauan intensif dengan tanaman rumput dan bunga yang tahan kering setinggi 20-30 cm; c) lapisan penghijauan semak belukar > 1.5 m

Atap bertanaman dapat juga dibuat pada atap landai > 10° dengan konstruksi kayu dan reng yang menghindari tanah longsor.

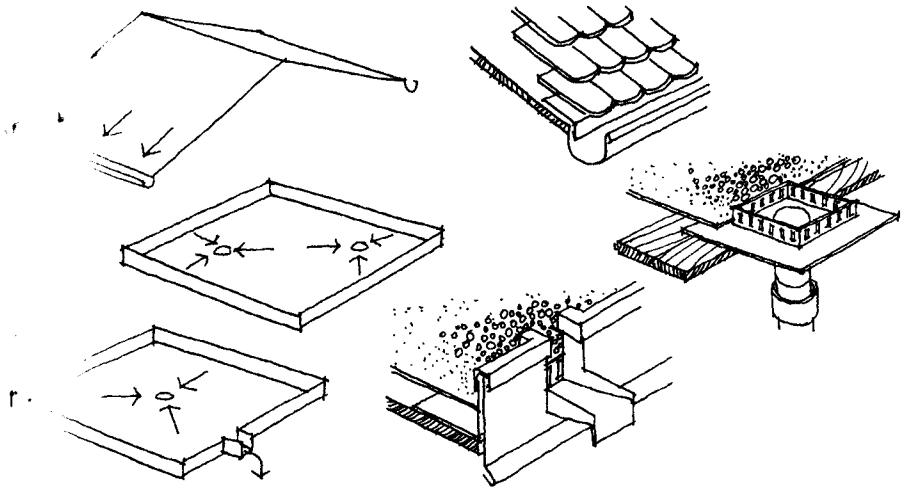


Detail konstruksi tirisan atap bertanaman yang miring

Pembuangan air hujan

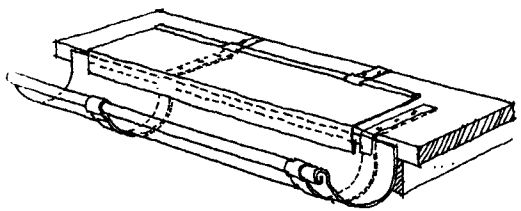
Pemontuan ukuran talang dan pipa saluran talang

Pembuangan air hujan pada atap terjadi pada tirisan atau pada corong saluran/pipa talang di tengah atap (pada atap datar). Karena air hujan dari atap mengalir agak cepat (kecuali pada atap bertanaman), maka sebaiknya air tersebut ditampung sehingga dapat disalurkan ke dalam sumur rembesan atau penampung air hujan sehingga sebagian umum tidak meluap.

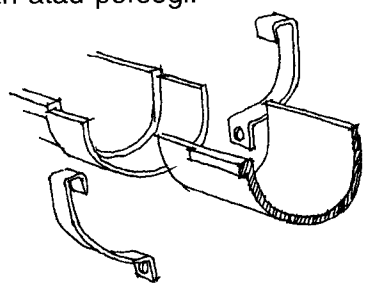


Pembuangan air hujan dengan menggunakan talang, corong, atau corot

Pembuangan air hujan pada atap dilakukan dengan talang dan pipa saluran talang. Talang dan pipa salurannya dapat dibuat dari logam (seng, tembaga, aluminium, dan sebagainya), semen berserat, PVC, bambu, atau kayu. Talang dapat dibuat secara terbuka atau secara tersembunyi, berbentuk setengah lingkaran atau persegi.



Talang dari logam



Talang semen berserat atau PVC

Semua bidang atap yang mengalirkan air hujan ke jalan umum atau la han tetangga harus dilengkapi dengan talang dan saluran talang. Pa da atap sengkuap yang cukup menonjol dan menghadap ke belakang (atau di desa) tentu saja talang dan saluran talang dapat diabaikan.

Ukuran talang yang berbentuk setengah lingkaran atau persegi panjang serta garis tengah saluran talang berhubungan dengan luas dan curamnya atap, yang dapat diambil dari tabel berikut. Sebagai konstruksi talang sebaiknya dipilih talang setengah lingkaran terbuka, selain konstruksinya lebih sederhana, juga kebocoran tidak akan mengakibatkan pembusukan pada konstruksi atap sengkuap karena air yang tidak dapat ditampung oleh talang atau saluran talang langsung jatuh ke tanah.

Luas atap (air hujan < 3 l/min)			bentuk talang		∅ pipa saluran talang	tebal seng
curam >15°	datar 5-15°	bertanaman	∪ (∅ mm)	persegi		
53 m²	58 m²	175 m²	105 mm	50/100	75 mm	BWG 24
113 m²	125 m²	375 m²	127 mm	70/135	100 mm	BWG 22
203 m²	225 m²	675 m²	153 mm	90/150	125 mm	BWG 22
333 m²	369 m²	1107 m²	192 mm	100/200	150 mm	BWG 20

7.3.2 Konstruksi talang

Walaupun konstruksi talang dapat dilakukan dengan bermacam logam serta semen berserat, PVC, bambu atau kayu, dalam buku ini akan dibahas khususnya konstruksi talang dari seng, yang paling umum. Entah dibuat dari seng yang digalvanisir, dari tembaga, aluminium, atau lain sebagainya, konstruksinya tidak berbeda. Konstruksi talang digolongkan atas konstruksi talang terbuka (berbentuk setengah lingkaran) dan konstruksi talang tersembunyi (persegi)

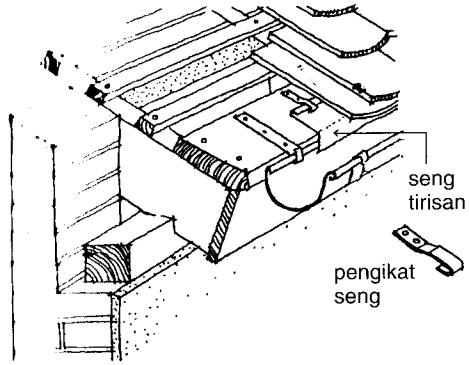
Konstruksi talang terbuka[29]

Konstruksi talang terbuka mempunyai keistimewaan yang telah diuraikan di atas, yang menguntungkan konstruksi ini. Talang dari seng dapat dibuat dari lembaran seng atau gulingan seng (yang menguntungkan karena tidak perlu disambung-sambung). Ukuran talang (garis tengah pada yang bundar atau lebar/tinggi pada yang persegi panjang) ditentukan sedemikian sehingga lebar lembaran seng dapat dibagi tanpa sisa. Misalnya, seng aluminium dengan lebar 100 cm dibagi tiga (3 x

[29] Ilustrasi digambar ulang menurut: Schmitt, Heinrich. *op cit.* halaman 516-517

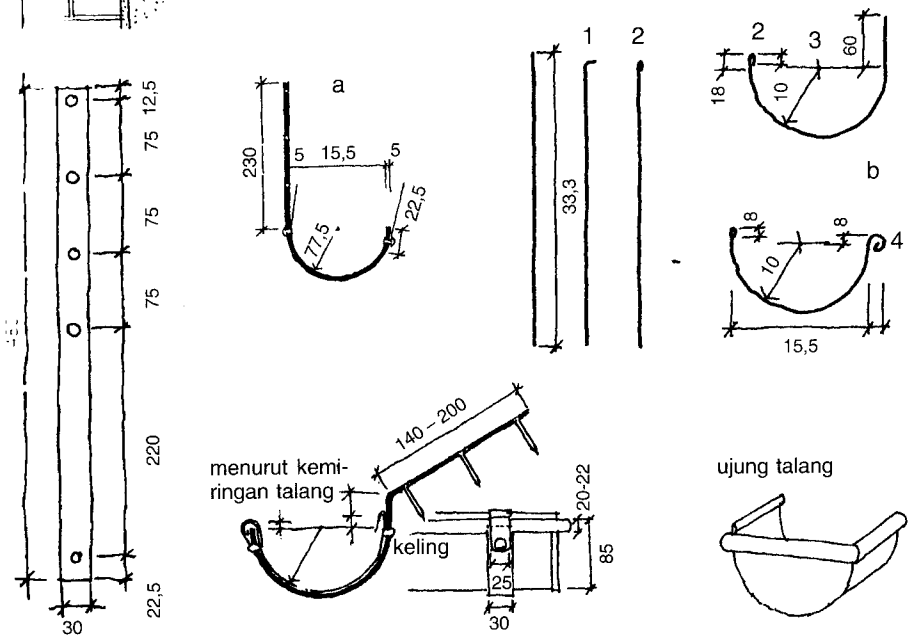
... mm) untuk talang terbuka menghasilkan ukuran talang ±153 mm ... tengah, sedangkan lembaran seng dengan lebar 915 mm hanya ... menghasilkan ±140 mm garis tengah saja.

Talang terbuka selalu dipasang dengan cangkuk besi yang dibuat dari ... 5x30 mm dengan jarak 70-80 cm (rata-rata pada setiap ... kasau). Ujung kasau biasanya diperkuat dengan papan talang ... bentuknya konis berukuran tebal muka 40 mm, tebal belakang ... tebal reng yang digunakan, dan lebar ±150 mm. Papan talang ... menghindari genting paling bawah lebih miring daripada barisan ... dipaku dengan dua paku 4½" BWG 6 pada setiap ujung kasau.



Pemasangan cangkuk dan talang pada atap sengkuap

Persiapan cangkuk tersebut dan talang seng

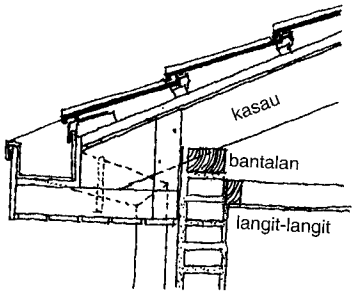


a) persediaan cangkuk; b) persediaan talang: 1) pembengkokan seng, 2) pelipatan seng, 3) pembuatan bundaran talang, 4) pembuatan rol

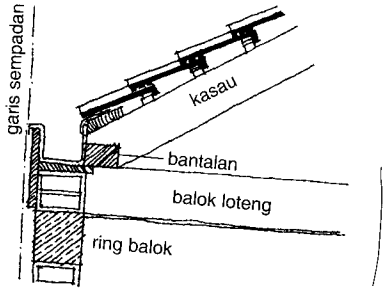
Konstruksi talang tersembunyi

Konstruksi talang tersembunyi sangat umum di Indonesia. Di luar negeri cara konstruksi talang tersembunyi dihindari sejauh mungkin karena talang tersembunyi lebih sering bocor dan kurang cepat mengalirkan air hujan ke saluran talang. Sebaiknya konstruksi talang tersembunyi hanya digunakan pada keadaan yang membutuhkan konstruksi ini, yaitu pada atap gedung yang berdiri rapat pada garis sempadan atau perbatasan lahan.

Pekerjaan lipatan seng tidak banyak berbeda dibandingkan dengan talang terbuka, hanya bentuknya jadi persegi panjang.



Konstruksi talang tersembunyi pada atap sengkuap biasa



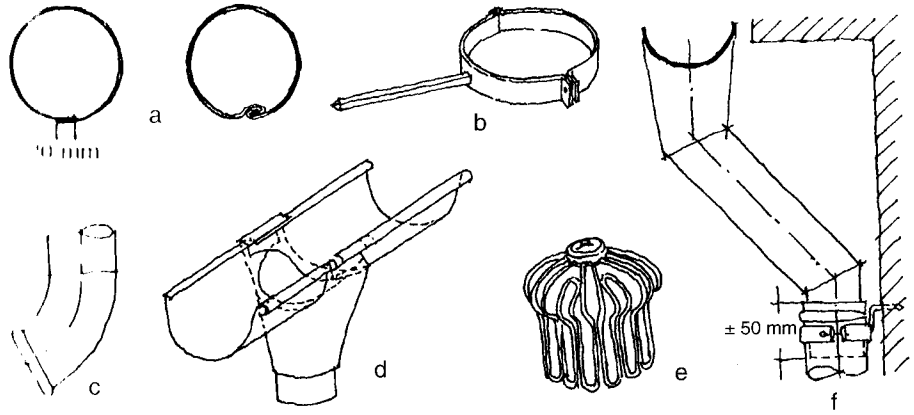
Konstruksi talang tersembunyi pada ujung atap di perbatasan lahan

7.3.3 Pipa saluran talang

Pipa saluran talang mengalirkan air hujan dari talang ke selokan, sumur rembesan, atau penampung air hujan. Sambungan dengan talang sebaiknya dibuat dengan corong vertikal sebelum disambung dengan pipa saluran yang miring. Saluran talang dapat dibuat dari bermacam logam serta pipa semen berserat, PVC, atau bambu. Pada bab ini akan dibahas khususnya konstruksi talang dari seng, yang paling berkelanjutan *(sustainable)*. Pipa saluran talang seng dibuat dari lembaran seng yang digulung dan disolder, dilas, atau dilipat saja.

Bahan logam	Tebal seng untuk pipa saluran talang			
	Ø 75 mm	Ø 100 mm	Ø125 mm	Ø150 mm
seng yang digalvanisir	BWG 24	BWG 22	BWG 22	BWG 20
aluminium	0.7 mm	0.7 mm	0.8 mm	0.8 mm
tembaga	0.6 mm	0.6 mm	0.7 mm	0.7 mm

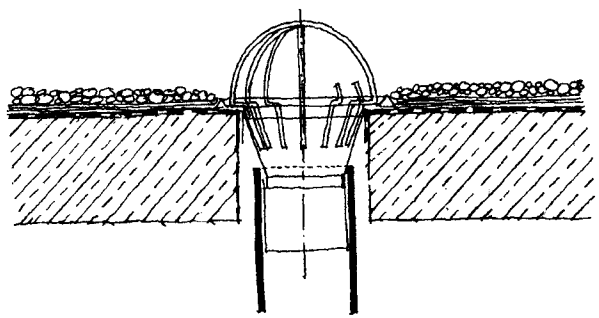
Perlu diperhatikan agar saluran talang selalu memiliki ujung yang ke arah lebih kecil sehingga dapat disambung dengan mudah. Pemasangan pipa saluran pada dinding dilakukan dengan klem penyambung yang disekrup pada dinding rumah. Ujung bawah dilengkapi dengan lengkungan atau sudut tumpul ke selokan terbuka sebagai berikut



Bagian-bagian dan sambungan pipa saluran talang:

a) pipa saluran talang las/solder dan lipatan; b) klem penyambung; c) ujung bawah pipa saluran talang; d) pemasangan corong pada talang; e) keranjang daun yang menghindari corong saluran talang tertutup limbah daun; f) sambungan pipa saluran talang lengkap dengan corong dan siku.

Pada pemasangan pipa saluran air hujan di dalam gedung, misalnya pada konstruksi atap datar, biasanya digunakan pipa semen berserat atau PVC, yang dilengkapi corong, bingkai berlubang dari besi siku (menghindari kerikil masuk ke dalam pipa saluran), serta keranjang daun (menghindari corong saluran talang tertutup limbah daun) seperti terlihat pada gambar berikut.

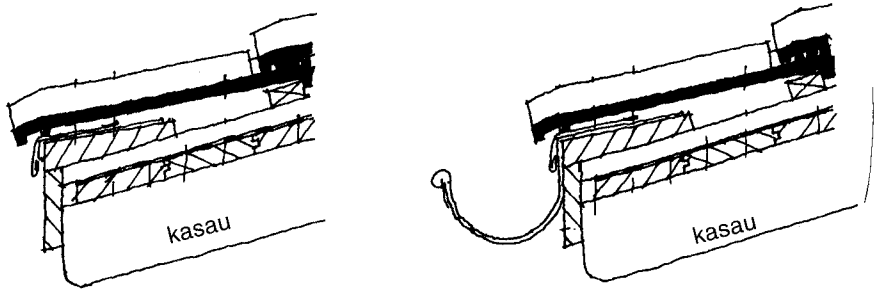


Pemasangan pipa saluran air hujan di dalam gedung (pada atap datar)

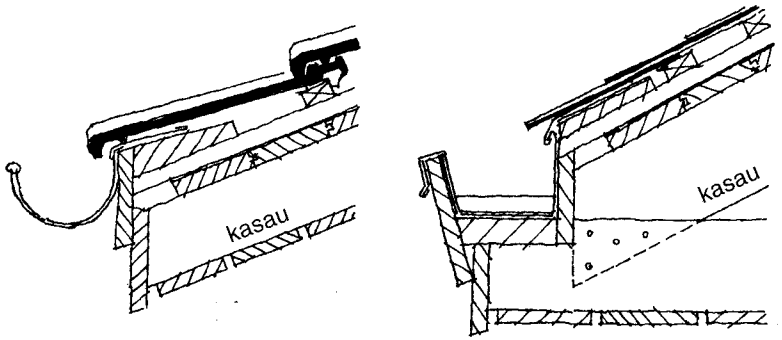
7.3.5 Konstruksi lisplank

Konstruksi lisplank melindungi ujung kasau, reng, atau konstruksi langit-langit di bawah atap sengkuap sehingga air hujan tidak dapat masuk. Konstruksi lisplank biasanya dibuat dari kayu yang tahan cuaca (kelas awet I-II), yang kering dan yang tumbuh lurus tanpa cacat. Lebar papan lisplank < 180 mm, tebal 20-30 mm. Jika lebarnya melebihi ukuran tersebut, maka sebaiknya papan kayu disusun berimpitan atau bahan bangunan diganti dengan konstruksi seng atau pelat semen berserat. Sambungan memanjang selalu harus dibuat dengan alur dan lidah pengisi, jangan menggunakan ekor burung yang ditakik. Konstruksi lisplank digolongkan pada lisplank tirisan dan lisplank gevel.

Lisplank tirisan[30]



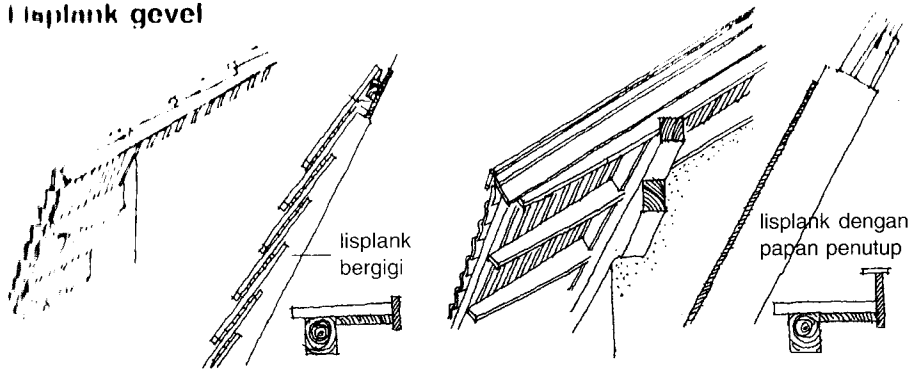
Lisplank tirisan biasa tanpa talang, dan lisplank tirisan dengan talang terbuka



Lisplank tirisan yang disusun berimpitan dengan talang terbuka, dan lisplank tirisan dengan talang tersembunyi

[30] digambar ulang menurut: LIGNUM (ed.) *VI. Projektierung und Ausführung von Holzbauten.* vol. 5: Dach- und Detailausbildung. Zürich 1960. hlm. 3-9

Lisplank gevel



Lisplank gevel yang dibuat dengan papan bergigi dan dengan papan penutup

Lisplank gevel sebaiknya dibuat dengan papan bergigi karena cara ini juga lebih tahan lama dan menghemat kayu sebagai bahan bangunan yang mahal. Papan bergigi dipaku ke dalam ujung reng, kemudian dipotong menurut letak dan jenis genting dengan gergaji dan pahat. Genting masing-masing akan menonjol > 30 mm dari lisplank gevel. Setiap genting di pinggiran gevel dipaku (dengan paku 2½" BWG 11) ke dalam reng sehingga tidak terbawa angin. Detail lisplank gevel ini terlihat pada gambar genting masing-masing pada halaman 18 (genting biasa), 19 (genting pres dan genting beton), 21 (semen serat bergelombang), dan 23 (atap seng).

7.4 Perlindungan terhadap petir[31]

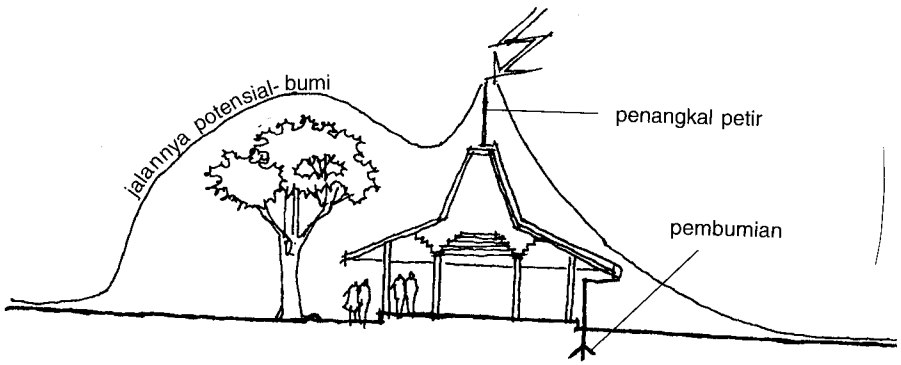
Kerusakan yang dapat terjadi pada gedung oleh sambaran petir terutama adalah besar amplitudo dari arus petir dan kecuraman arus petir, di mana amplitudo arus petir berkisar antara 5-200 kA. Karena kerusakan pada gedung yang tersambar petir biasanya mengakibatkan kebakaran yang akan membahayakan juga gedung di sekitarnya, maka di daerah tropis dengan banyak hujan angin ribut yang disertai petir dan guruh sebaiknya dimanfaatkan penangkal petir sebagai perlindungan terhadap petir.

Bila di atas sebuah bangunan dipasang batang logam dengan ujung yang dapat mengantar arus listrik dengan sempurna dan dibumikan dengan baik, maka bangunan itu terlindung sepenuhnya terhadap

[31] Bdk.: SKBI. *Pedoman perencanaan penangkal petir.* Jakarta: DPU, 1987

sambaran petir, sebagaimana telah ditemukan oleh Benjamin Franklin pada tahun 1752.

Satu atau beberapa alat penangkal petir seolah-olah menyelubungi gedung yang harus dilindungi dengan suatu bidang ekuipotensial yang memiliki tegangan potensial-bumi. Bidang itu melengkung paling banyak pada ujung penangkal petir, yang berarti bahwa pada tempat itu garis medan listrik berada paling rapat satu terhadap yang lain. Cara kerja penangkal petir pada hakikatnya didasarkan atas efek konsentrasi ini. Sebagai akibat dari konsentrasi garis medan yang tinggi ini, bila cuaca buruk (banyak guruh) perbedaan tegangan listrik meningkat sangat tinggi, sehingga pada ujung penangkal petir terjadi ionisasi molekul udara.



Jalannya potensial-bumi berkaitan dengan penangkal petir dan pembumian

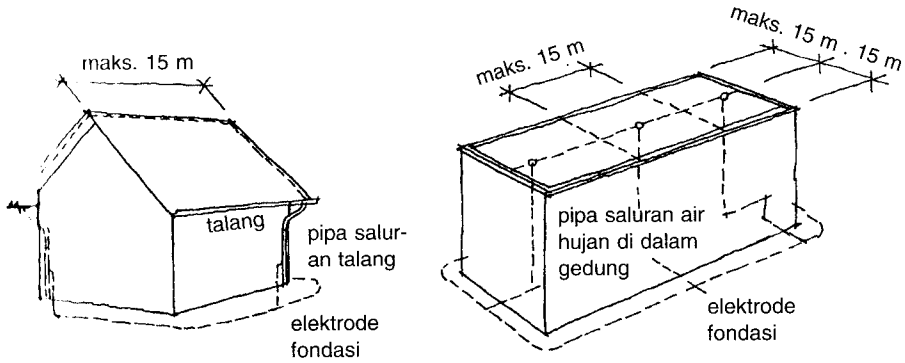
Di sini elektron direnggutkan dari atomnya, sehingga atom tertinggal sebagai ion yang bermuatan positif. Karena ionisasi itu udara memperoleh sifat menghantar (listrik), menunjukkan jalan kepada petir menuju ke penangkal petir yang membawa petir tersebut ke tanah dan menghilangkan bahayanya. Tentu saja semua benda runcing yang dibumikan dengan sempurna mempunyai sifat menarik petir.[32]

Perlindungan terhadap sambaran petir dapat dicapai dengan sistem penangkal petir sebagai berikut:

- **Penangkap petir** *(air terminal lightning conductor)* terdiri dari batang 20x3 mm atau kawat ⌀ 6 mm tembaga atau aluminimum pada titik tertinggi dari sebuah atap (bubungan pada atap terjal atau tepi pada atap datar). Tugasnya adalah menangkap petir.

[32] Teks dan gambar ini berdasarkan: Anwir, B.S. (trans.) *Teknik sekitar kita.* vol 1. Jakarta: Gramedia, 1977. halaman 138-139

Penghantar penyalur penangkal petir *(down conductor)* menghubungkan penangkap petir dengan pembumian. Untuk setiap 90 m² luas atap harus dipasang satu penghantar. Sebagai penghantar penyalur penangkal petir, dapat digunakan bahan yang sama seperti penangkal petir atau, jika pipa saluran air hujan dibuat dari logam, saluran talang tersebut (juga talang yang dibuat dari logam) dapat dihubungkan sebagai penghantar penyalur penangkal petir.



Penangkap petir, penghantar penyalur dan pembumian penangkal petir pada rumah beratap pelana dan yang beratap datar[33]

Pembumian *(earth terminals)* menghubungkan penghantar penyalur penangkal petir pada bumi dan menjamin keamanan terhadap sambaran petir maupun korsleting instalasi listrik (pembumian keamanan). Pembumian dapat dilakukan dengan **elektrode batang** di mana minimal 3 batang tembaga atau aluminium ⌀ 10 mm ditancapkan 2.50 m ke dalam tanah dan kemudian diklem dengan penghantar penyalur tersebut. Cara lain adalah **elektrode fondasi** di mana tulangan fondasi (jika digunakan konstruksi fondasi lajur beton bertulang) atau batang 20x3 mm/kawat ⌀ 6 mm tembaga/aluminium yang ditanamkan di bawah fondasi batu kali sekeliling rumah.[34] Kemudian juga dihubungkan dengan penghantar penyalur tersebut. Pembumian lewat saluran air minum (jika dibuat dari pipa baja galvanis) sebaiknya diabaikan karena mengandung bahaya menyalurkan juga medan listrik dan medan magnetis yang tidak diinginkan.

[33] digambar ulang menurut: Ogi, Hans Rudolf et al. *Konstruktionslehre Hochbau.* vol 1. edisi ke-5. Thun, 1985. halaman 223.03

[34] Gambar konstruktif elektrode fondasi dapat dilihat pada halaman 145; Bandingkan juga: Frick, Heinz/Koesmartadi, Ch. *op.cit.* halaman 124

8. Pencapaian vertikal (tangga dan lift)

8.1 Fungsi, bentuk, dan letak tangga

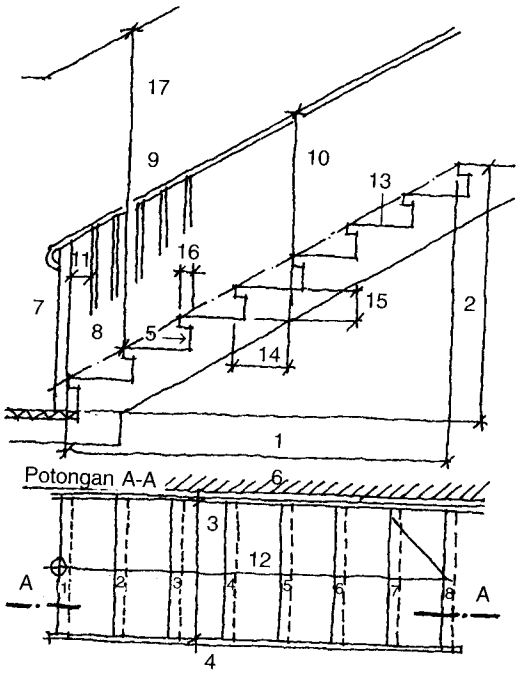
8.1.1 Pengertian dan fungsi tangga

Tangga merupakan struktur bangunan yang menghubungkan dua pelat lantai yang tingginya berbeda. Oleh karena itu, konstruksi tangga merupakan konstruksi bentuk miring.

Sebuah tangga terdiri dari suatu rangkaian anak tangga (yang menentukan kelandaian tangga dengan langkah datar dan langkah naik) dan yang diputuskan oleh bordes. Langkah naik anak tangga pada suatu tangga harus betul-betul sama tanpa kekecualian. Langkah datar pada tangga lurus juga harus sama, sedangkan pada tangga tirus, belokan, atau lingkaran ketentuan ini hanya berlaku pada garis jalan tangga (biasanya di tengah tangga). Bordes memungkinkan orang berhenti sebentar untuk menarik nafas. Demi keamanan, banyaknya anak tangga pada tangga lurus dibatasi sampai 15 anak tangga (kalau dibutuhkan lebih banyak anak tangga, harus diputuskan dengan bordes).

Nama bagian tangga

1 Panjang langkah tangga
2 Tinggi (naik) tangga
3 Lebar tangga
4 Ibu tangga
5 Papan sentuh
6 Dinding pipi
7 Tiang sandaran utama
8 Ruji-ruji, galah
9 Susur tangan/pegangan
10 Tinggi sandaran
11 Jarak galah
12 Garis jalan berarah naik
13 Papan langkah
14 Langkah datar (d)
15 Langkah naik (t)
16 Juluran
17 Tinggi bebas (min. 2.0 m)

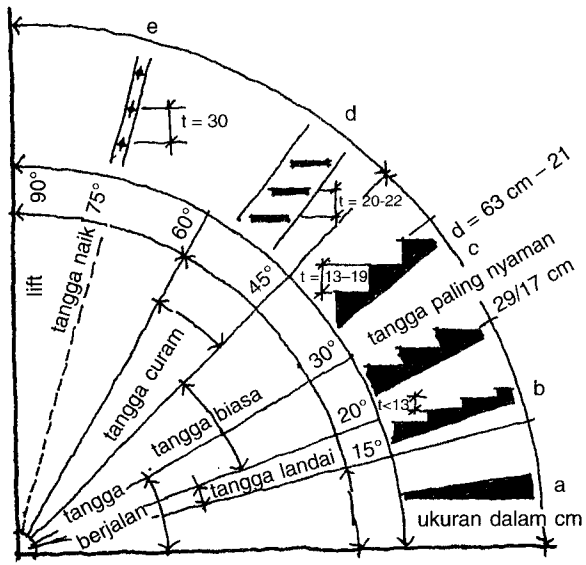


8.1.2 Perbandingan kelandaian, ukuran, dan bentuk tangga

Perbandingan kelandaian menentukan apakah tangga dapat dinaiki atau ditumi dengan aman dan nyaman, atau tidak. Kelandaian ditentukan oleh perbandingan antara tinggi dan lebar anak tangga. Penentuan perbandingan tersebut berdasarkan lebar langkah rata-rata seorang dewasa. Pada bidang datar dengan langkah lambat, maka ukuran langkah ialah 60-65 cm. Pada bidang yang miring, lebar langkah akan berkurang selalu dengan lipat dua tanjakan yang harus ditempuh. Suatu bidang landai atau lantai miring dengan kemiringan 6° masih dapat ditempuh dengan mudah. Langkah dengan sendirinya menyesuaikan diri dengan tanjakan. Tetapi tanjakan yang lebih curam membutuhkan anak tangga atau tataran, tempat orang mendapatkan rasa pasti untuk berpijak, lebih-lebih pada waktu turun.

Berdasarkan perbandingan kelandaian tangga dapat dibedakan:

a) Lantai miring
   6° – 20°
b) Tangga landai
   20° – 24°
c) Tangga biasa
   24° – 45°
d) Tangga curam,
   tangga hemat
   45° – 75°
e) Tangga naik,
   tangga tingkat
   75° – 90°



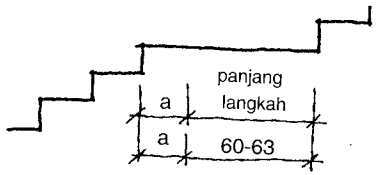
Perbandingan kelandaian tangga

Jika misalnya tinggi anak tangga 17 cm, maka langkah selebar 63 cm akan diperpendek dengan dua kali tinggi anak tangga, yaitu 2x17 cm = 34 cm. Maka lebar langkah datar menjadi 63 – 34 cm = 29 cm. Ukuran ini menentukan lebar anak tangga. Maka terdapatlah rumus:

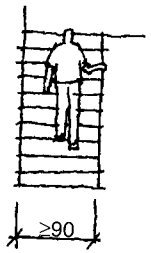
2 × langkah naik (t = tinggi anak tangga) + 1 × langkah datar (d) ≅ 63 cm

Bordes adalah tempat beristirahat ketika menaiki tangga lurus yang cukup tinggi atau pada peralihan arah tangga. Pada tangga lurus bordes diperlukan jika banyaknya anak tangga melebihi 15 buah.

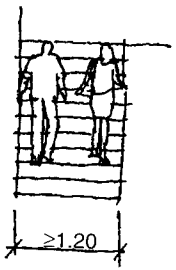
Lebar bordes minimal sama dengan lebar tangga atau selebar 1 langkah datar (a) ditambah 1 panjang langkah (60-63 cm) sebagai berikut:



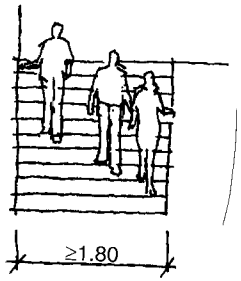
Ukuran lebar tangga diperhitungkan dari segi keamanan, digolongkan pada 3 jenis:



Tangga darurat, langkah naik maksimal 20 cm



Tangga rumah tinggal, langkah naik sebaiknya tidak melebihi 18 cm

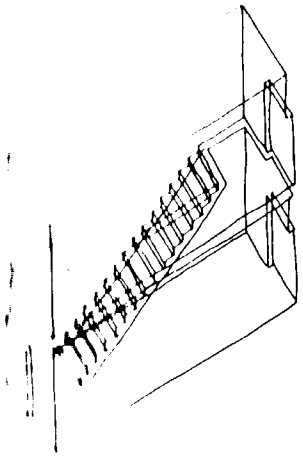


Tangga rumah susun, pertokoan, atau perkantoran umum, langkah naik <18 cm

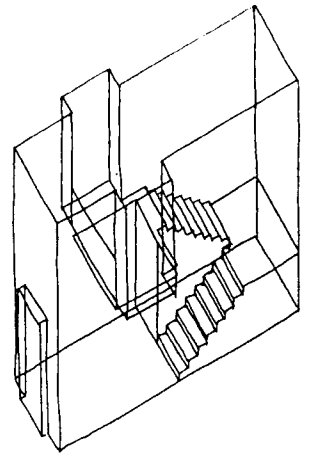
Arah tangga ditunjukkan dengan **garis jalan** berarah naik yang dilengkapi pada ujung bawah tangga (juluran anak tangga pertama) dengan tanda ⊕, sedang di ujung atas (juluran anak tangga terakhir) tanda panah →. Pada tangga sampai 1.0 m lebar garis jalan terletak di tengah tangga, sedangkan pada tangga yang lebih lebar dapat dihitung jarak 40 cm dari susur tangan. Dalam denah kemudian setiap anak tangga diberi nomor berurutan dari anak tangga yang paling bawah sampai de-ngan anak tangga yang paling atas (lihat gambar denah hlm. 38).

Bentuk tangga dapat berbeda menurut tujuan, keadaan ruang, tugas representasi status, dan sebagainya. Setiap konstruksi tangga terletak dalam ruang tertentu yang diciptakan untuknya. Bentuk ruang tersebut mencerminkan tugas tangga: ruang – jalan (naik atau turun) – tujuan.[35]

[35] digambar ulang menurut: Leder, G. *Hochbaukonstruktionen.* Jilid 2. Berlin: Springer, 1987. halaman 109

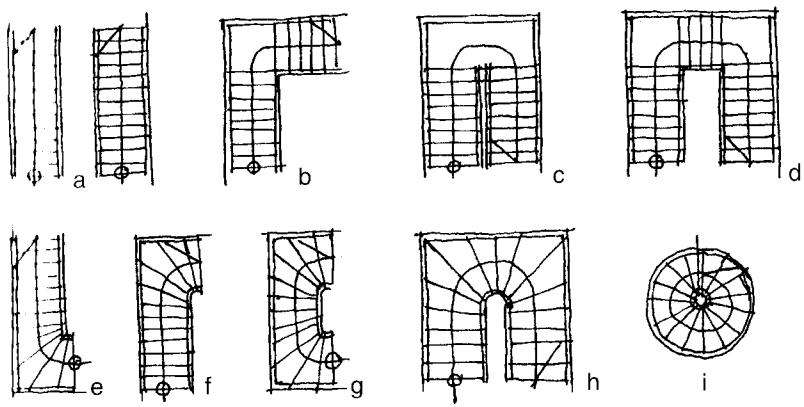


Tangga lurus mengantar naik secara lurus-menerus



Tangga dengan bordes yang mengantar naik kembali ke tempat asal pada lantai berikut

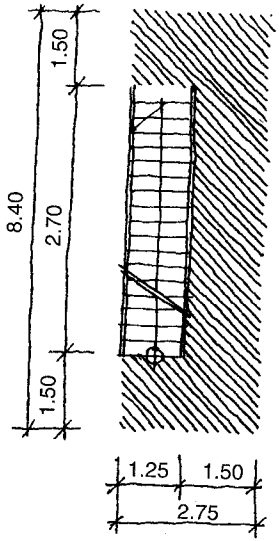
Tangga tidak hanya merupakan jalan naik ke lantai atas, melainkan juga menjadi elemen estetis dalam interior rumah. Jika tangga terdiri dari anak tangga persegipanjang saja, maka terdapatlah tangga lurus. Jika anak tangga berbentuk trapesium, maka tangga itu merupakan tangga belokan. Tentu saja kedua jenis ini dapat dikombinasikan juga.



Bermacam bentuk tangga

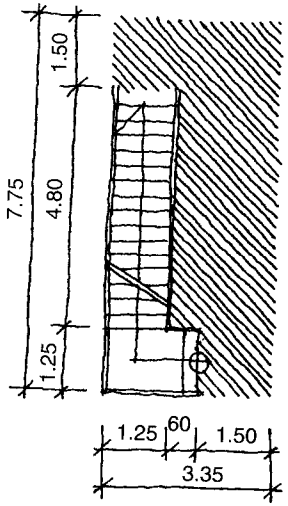
a) tangga biasa, tangga lurus; b) tangga dengan bordes seperempat; c) tangga dengan bordes; d) tangga dengan dua bordes seperempat; e) tangga dengan belokan seperempat bawah; f) tangga dengan belokan seperempat atas; g) tangga dengan dua belokan seperempat; h) tangga dengan belokan setengah; i) tangga lingkaran.

Kebutuhan ruang berdasarkan bentuk tangga yang dipilih:



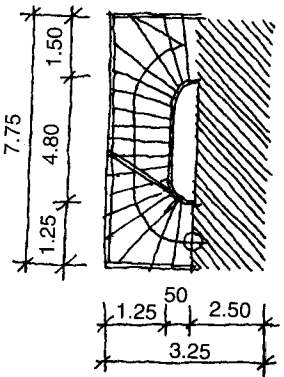
Tangga yang lurus:

luas tangga 6.8 m²
luas ruang gerak 16.3 m²
total luas ruang 23.1 m²



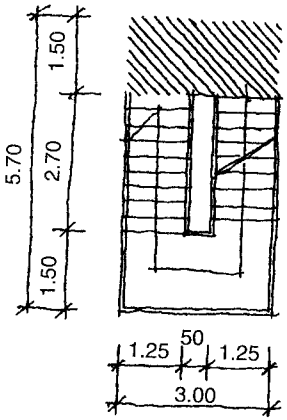
Tangga dengan bordes seperempat:

luas tangga 8.3 m²
luas ruang gerak 17.0 m²
total luas ruang 25.3 m²



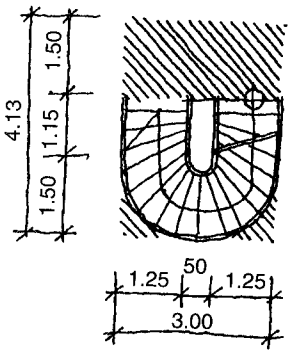
Tangga dengan dua belokan seperempat:

luas tangga 8.7 m²
luas ruang gerak 7.5 m²
total luas ruang 16.2 m²



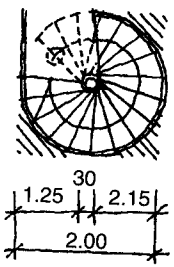
Tangga dengan bordes:

luas tangga 12.6 m²
luas ruang gerak 4.5 m²
total luas ruang 17.1 m²



Tangga dengan belokan setengah (pemanfaatan tangga terbatas):

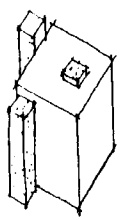
luas tangga 6.9 m²
luas ruang gerak 5.5 m²
total luas ruang 12.4 m²



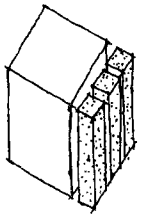
Tangga lingkaran: (pemanfaatan lebar tangga terbatas):

luas tangga 6.5 m²
luas ruang gerak 1.3 m²
total luas ruang 7.8 m²

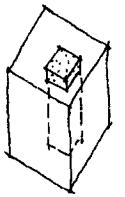
Letak tangga sebagai sistem pencapaian vertikal berdasarkan pada kebutuhan menghubungkan pelat lantai yang tingginya berbeda dan pada organisasi denah. Makin tinggi sebuah gedung, makin penting organisasi pencapaian vertikal yang bukan saja mencakup tangga, melainkan juga lift, instalasi teknik, dan lain sebagainya.[36]



Pencapaian vertikal yang tersebar dalam denah



Pencapaian vertikal yang terkumpul dalam satu lapisan luar

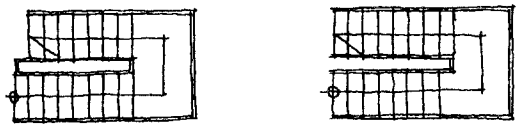


Pencapaian vertikal yang terpusat pada inti gedung

11.3 Geometri tangga dan keadaan statis

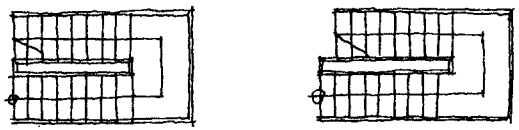
Tangga dengan bordes memiliki beberapa cara dalam penyelesaian pada geometrinya. Sebagai contoh diambil tangga dengan bordes pada tinggi lantai bersih 3.00 m. Langkah naik < 18 cm. Banyaknya anak tangga (langkah naik) adalah 300 : 18 = 16.66. Karena jumlah anak tangga harus angka bulat, maka terdapat dua penyelesaian:

Penyelesaian 1: Karena langkah naik < 18 cm, dipilih 17 anak tangga = 300 cm : 17 = 17.6 cm langkah naik.



Penyelesian ini mengakibatkan dua lengan tangga yang berbeda panjang

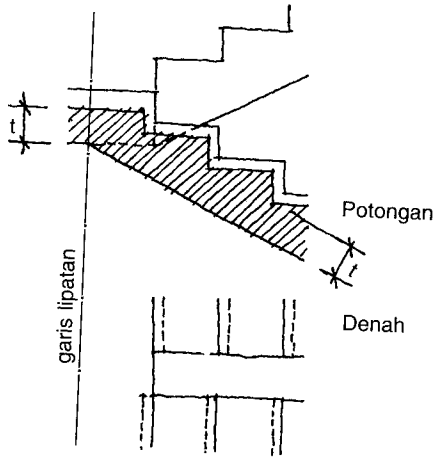
Penyelesaian 2: Karena jumlah anak tangga harus genap, dipilih 18 anak tangga = 300 cm : 18 = 16.6 cm langkah naik



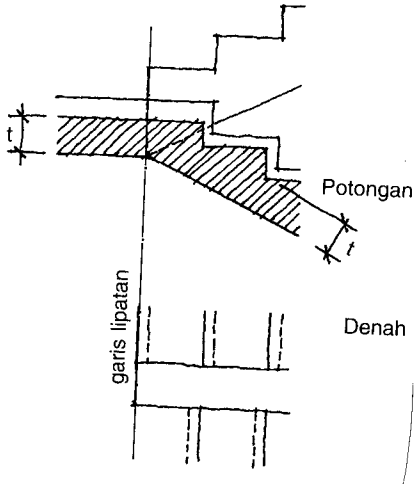
Dua lengan tangga yang sama dapat diatur sejajar atau tergeser

[36] Bdk: Ronner, H. *Kontext 77: Zirkulation.* edisi ke-5. Zürich: ETH, 1990. hlm 23

Penyelesaian tangga dengan bordes dan dua lengan tangga yang tergeser menguntungkan jika tangga tersebut berkonstruksi beton bertulang, karena garis lipatan antara bagian bawah bordes dan bagian bawah tangga sebaiknya dibuat lurus dan pas di atas anak tangga pertama yang naik.



Garis lipatan antara bagian bawah bordes dan tangga pada tangga dengan bordes dan dua lengan yang sejajar. Garis lipatan jatuh ke dalam bidang bordes.



Garis lipatan antara bagian bawah bordes dan tangga pada tangga dengan bordes dan dua lengan yang tergeser. Garis lipatan jatuh pas di bawah anak tangga pertama yang naik.

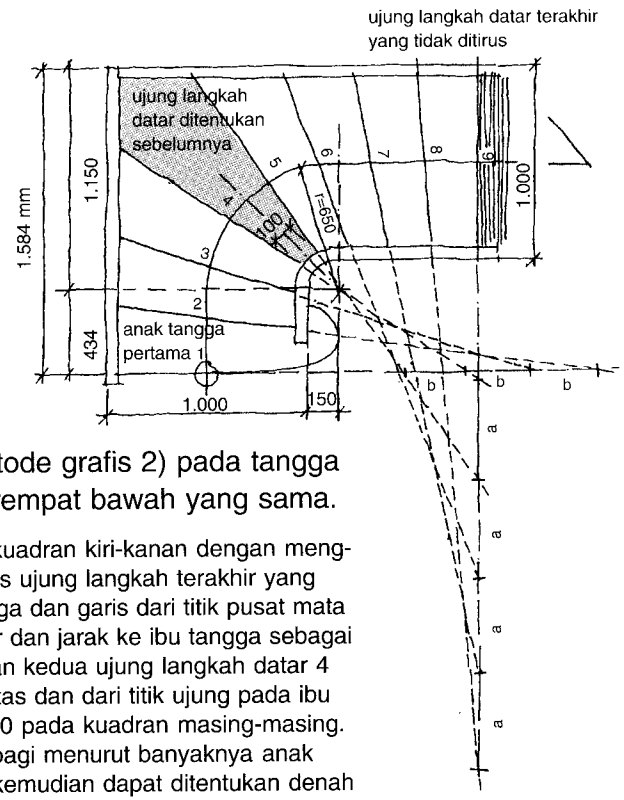
Tangga dengan belokan atau tangga yang melingkar harus memenuhi beberapa persyaratan, yaitu:

- Membelokkan sebuah tangga mengakibatkan peralihan arah jalan. Demi keamanan, tangga yang melingkar selalu berputar naik searah jarum jam.
- Perbandingan kelandaian yang ditetapkan jangan mengubah pada garis langkah, sedangkan pada sisi tangga (ibu tangga) perbandingan tersebut tidak dapat dipertahankan lagi. Karena itu papan langkah mengubah bentuknya dari persegi panjang menjadi trapesium.
- Lebar anak tangga minimal > 10 cm lebar demi keamanan.

Denah untuk tangga dengan belokan atau tangga yang melingkar digambar garis langkah dahulu, kemudian ditentukan anak tangga yang ditirus dengan menggunakan metode grafis (metode kuadran atau metode perbandingan) atau dengan cara perhitungan.

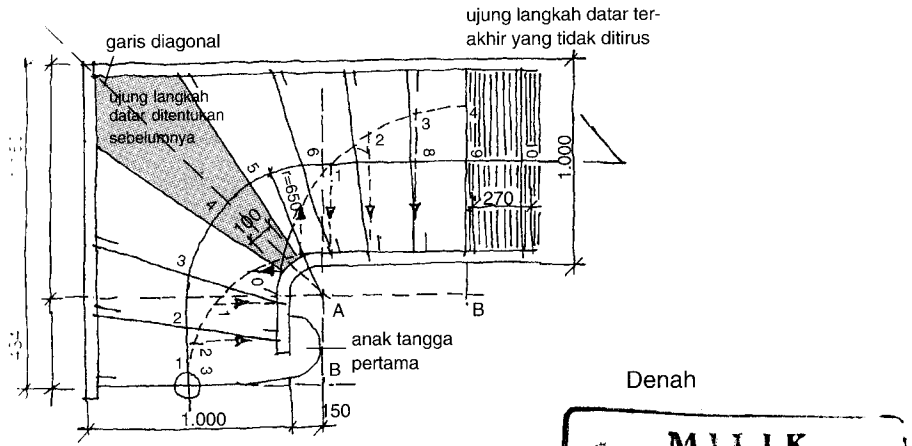
Metode perbandingan (metode grafis 1) pada tangga dengan belokan seperempat bawah (langkah naik = 170 mm, langkah datar = 270 mm).

Titik penetapan kedua ujung langkah datar 4 berdasarkan titik-titik ujung pada garis langkah dan ketentuan lebar minimal seharusnya > 100 mm.



Metode kuadran (metode grafis 2) pada tangga dengan belokan seperempat bawah yang sama.

Dengan jangka digambar kuadran kiri-kanan dengan menggunakan titik potong B garis ujung langkah terakhir yang merah tegak pada ibu tangga dan garis dari titik pusat mata tangga A sebagai titik putar dan jarak ke ibu tangga sebagai radius. Kemudian ditetapkan kedua ujung langkah datar 4 seperti telah diuraikan di atas dan dari titik ujung pada ibu tangga ditentukan titik-titik 0 pada kuadran masing-masing. Lalu kuadran kemudian dibagi menurut banyaknya anak tangga yang akan ditirus, kemudian dapat ditentukan denah tangga seperti terlihat pada gambar bawah.

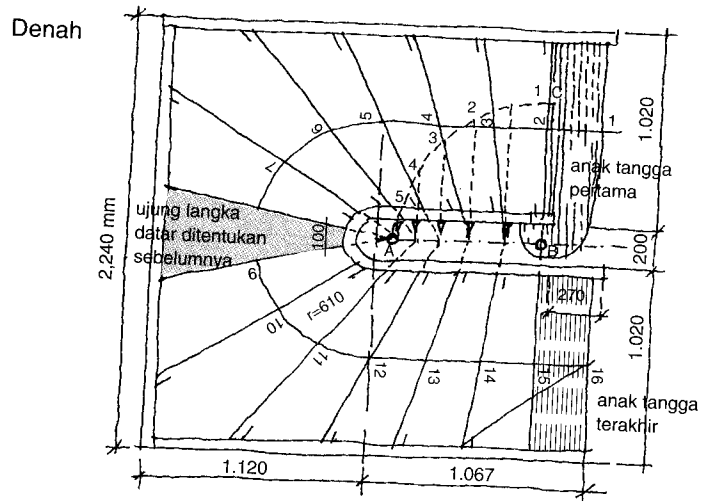


MILIK
Badan Perpustakaan
Propinsi Jawa Timur

Metode kuadran pada tangga dengan belokan setengah.

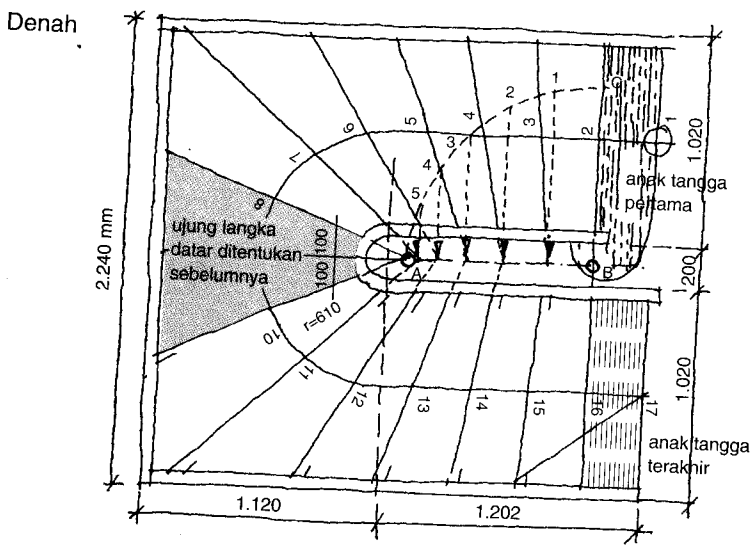
Contoh 1: Tangga yang memiliki 16 langkah naik dengan 170 mm dan 15 langkah datar dengan 270 mm.

Dengan penetapan kedua ujung langkah datar 8 berdasarkan titik-titik ujung pada garis langkah dan ketentuan lebar minimal seharusnya > 100 mm.



Contoh 2: Tangga yang memiliki 17 langkah naik dengan 170 mm dan 16 langkah datar dengan 270 mm.

Dengan penetapan ketiga ujung langkah datar 8 dan 9 berdasarkan titik-titik ujung pada garis langkah dan ketentuan lebar minimal seharusnya > 100 mm.



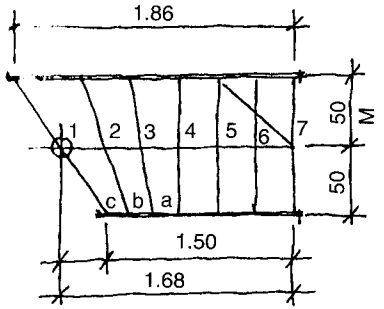
Cara perhitungan[37] untuk tangga dengan belokan seperdelapan bawah. Anak tangga ini sebenarnya tidak dibelokkan, akan tetapi pengguna tangga ini akan mengubah arah berjalan.

Perhitungan mengikuti rumus berikut:

$$V = \frac{M}{Q}$$

V = Tirusan anak tangga (minimal 1.5 cm, maksimal 3.5 cm)
M = Perbedaan ukuran antara garis jalan (garis langkah)
Q = Jumlah-silang anak tangga yang akan ditirus.

Contoh 1: Tangga kecil dengan belokan seperdelapan bawah



Tangga kecil dengan belokan seperdelapan bawah.
Tinggi tangga = 122.5 cm
Panjang garis jalan = 168 cm

Rumus: M = 168 cm – 150 cm = 18 cm
Q = (ada tiga anak tangga ditirus) = 1 + 2 + 3 = 6

$$V = \frac{M}{Q} = \frac{18}{3} = 3 \text{ cm}$$

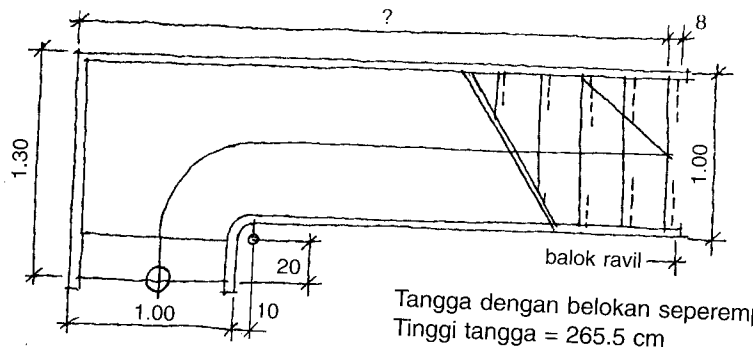
Karena Q merupakan jumlah-silang anak tangga yang dikenai tirusan, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa ukuran a menjadi lebar langkah datar dikurangi V (ukuran tirusan), ukuran b dikurangi 2 V, dan seterusnya karena tangga ini ditirus pada satu ujung saja (bukan dibelokkan).

Ukuran anak tangga ditentukan pada ibu tangga dalam, menjadi:

Anak tangga 4-6 = 168 cm (panjang garis langkah) : 6 = 28 cm
Anak tangga 3 = lebar biasa – 1xV = 28 – 3 = 25 cm (a)
Anak tangga 2 = lebar biasa – 2xV = 28 – 6 = 22 cm (b)
Anak tangga 1 = lebar biasa – 3xV = 28 – 9 = 19 cm (c) > 10 cm!

[37] Cara membelokan tangga terambil semuanya dari: Frick, Heinz. *Konstruktionslehre für Zimmerleute.* Richterswil: Frischknecht, 1995. hlm 9.13-16

Contoh 2: Tangga dengan belokan seperempat bawah



Denah

Tangga dengan belokan seperempat bawah
Tinggi tangga = 265.5 cm
Panjang garis langkah dapat dihitung

Tinggi tangga 265.5 cm : 17.5 cm (ukuran langkah datar ideal) = 15.2 anak tangga. Yang ditentukan adalah 15 langkah naik (265.5 cm : 15 = 17.7 cm). Lebar langkah datar adalah ~ 63 cm – 2 langkah naik 35.4 cm ≅ 28 cm. Panjang garis langkah (14 langkah datar x 28 cm) = 392 cm.

Untuk menjamin keamanan teratur dan ratanya belokan tangga, maka ditetapkan bahwa 6 dari 14 anak tangga di bagian atas tangga tidak berubah. Delapan anak tangga pertama akan ditirus.

Penentuan ukuran x (panjangnya ibu tangga pada dinding pipi):

Panjang garis langkah	= 3.92 m
1. dikurangi bagian pertama	= 0.20 m
2. dikurangi bagian busur $\frac{d.\pi}{4} = \frac{120.\pi}{4}$	= 0.94 m
Panjang garis langkah bagian atas	= 2.78 m
3. panjangnya ibu tangga (?) = 2.78 m + 1.10 m	= 3.88 m

Panjang bagian dalam ibu tangga depan:

1. bagian pertama seperti di atas	= 0.20 m
2. bagian busur $\frac{d.\pi}{4} = \frac{0.30.\pi}{4}$	= 0.24 m
3. panjang garis langkah bagian atas	= 2.78 m
Panjang bagian dalam ibu tangga depan	= 3.22 m

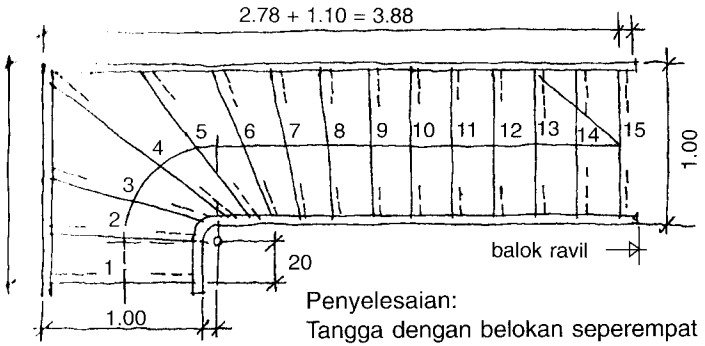
M = 3.92 m – 3.22 m = 0.70 m

Q = (dalam contoh ini 8 anak tangga diubah secara simetris)
= 1 + 2 + 3 + 4 + 4 + 3 + 2 + 1 = 20

$$V = \frac{M}{Q} = \frac{70\text{ cm}}{20} = 3.5\text{ cm}$$

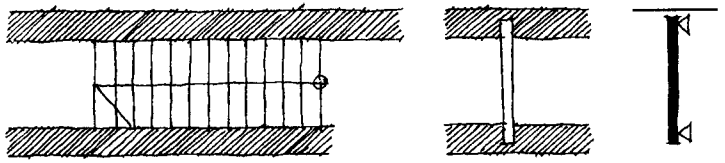
Ukuran anak tangga diukur dari sisi dalam ibu tangga, menjadi:

Anak tangga 8 + 1	lebar biasa – 1 V = 28 – 3.5 cm	= 24.5 cm
Anak tangga 7 + 2	lebar biasa – 2 V = 28 – 7 cm	= 21.0 cm
Anak tangga 6 + 3	lebar biasa – 3 V = 28 – 10.5 cm	= 17.5 cm
Anak tangga 5 + 4	lebar biasa – 4 V = 28 – 14 cm	= 14.0 cm > 10 cm!
Anak tangga yang lain bernomor 9 s/d 14	= lebar biasa	= 28.0 cm

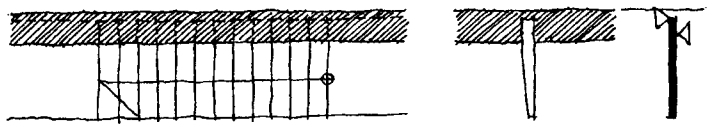


Penyelesaian:
Tangga dengan belokan seperempat bawah.

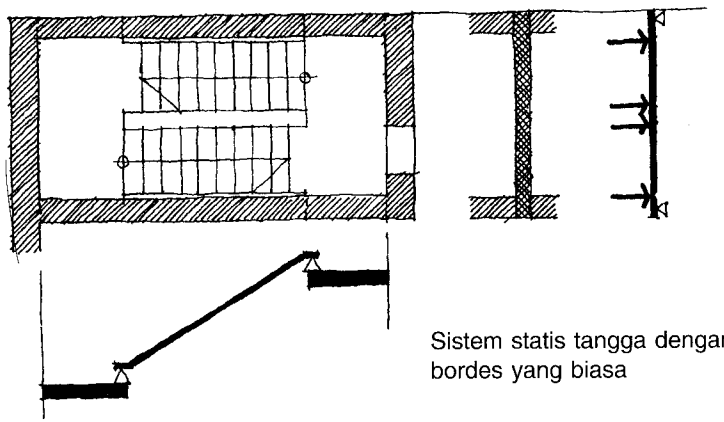
Kondaan statis (mekanika teknik) sebuah tangga tergantung pada bentuk dan konstruksinya sebagai berikut:



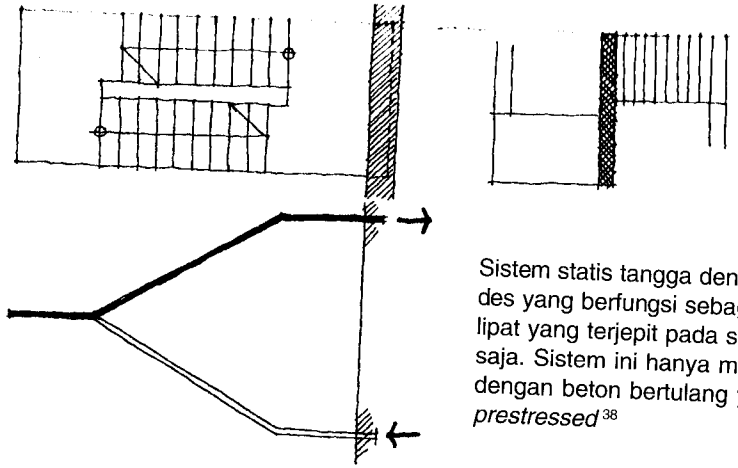
Sistem statis tangga lurus di antara dua dinding penumpu



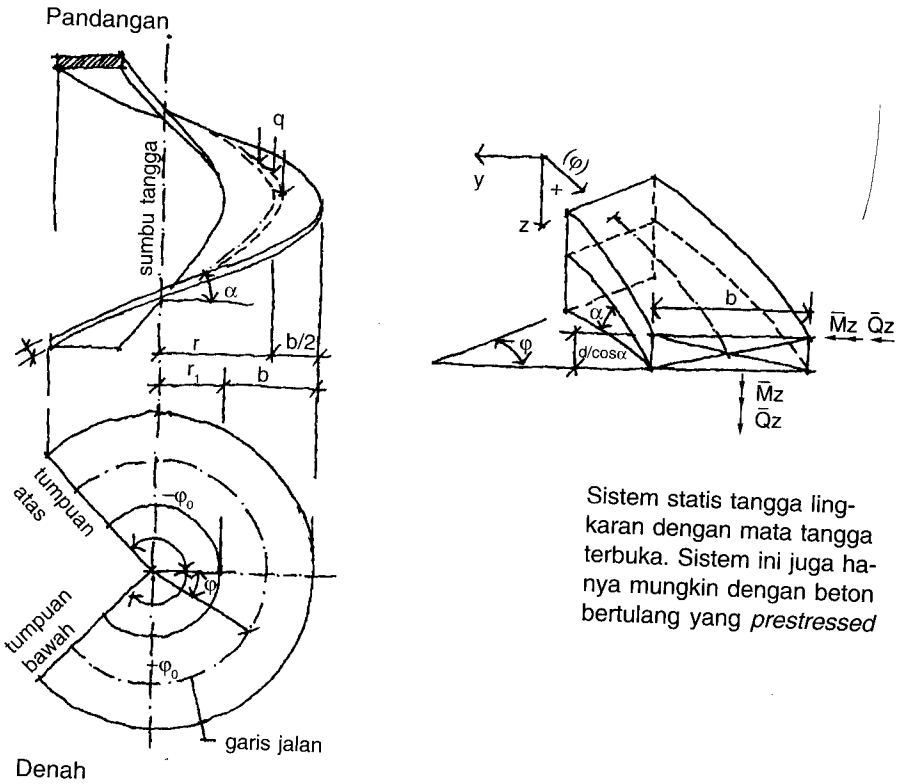
Sistem statis tangga lurus yang anak tangganya terjepit pada dinding pipi



Sistem statis tangga dengan bordes yang biasa



Sistem statis tangga dengan bordes yang berfungsi sebagai pelat lipat yang terjepit pada satu sisi saja. Sistem ini hanya mungkin dengan beton bertulang yang *prestressed*[38]



Sistem statis tangga lingkaran dengan mata tangga terbuka. Sistem ini juga hanya mungkin dengan beton bertulang yang *prestressed*

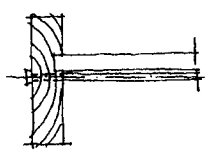
[38] Sistem statis tangga lurus dan tangga dengan bordes berdasarkan: Leder, G. *Hochbaukonstruktionen.* jilid 4. Berlin: Springer, 1987. hlm. 13,15; dan sistem statis tangga lingkaran berdasarkan: Cziesielski, Erich. *Lehrbuch der Hochbaukonstruktionen.* Stuttgart: Teubner, 1990. hlm. 482

4.1.4 Bahan bangunan untuk konstruksi tangga

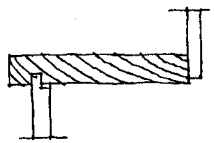
Batu alam[39] yang keras dan tahan lama seperti misalnya granit (pejal), batu menghablur, atau batu paras digunakan sebagai bahan bangunan pada konstruksi tangga masif di luar gedung yang kena cuaca. Sedangkan pelat batu paras, batu kapur, marmer, atau batu lempengan digunakan sebagai pelapis tangga yang terlindung di dalam rumah.

Beton bertulang[40] digunakan sebagai bahan konstruksi tangga masif terutama pada gedung umum karena kuat dan tahan terhadap kebakaran. Beton bertulang memiliki keuntungan bahwa dapat dibentuk menurut kebutuhan langsung pada tempatnya, maupun secara prakilang (misalnya anak tangga). Di sisi lain, harga bahan bangunan beton cukup mahal dan membutuhkan bekisting yang rumit pembuatannya, dan sesudah satu kali digunakan sudah tidak dapat dimanfaatkan lagi.

Kayu[41] merupakan bahan bangunan tangga yang umum pada rumah tinggal sejak lama karena mudah didapat, mudah dikerjakan dengan alat sederhana, bobotnya agak ringan, dan kekuatan terhadap gaya tarik maupun lendutan cukup tinggi. Kayu yang padat dan keras (mutu kelas I) sulit dinyalakan, dan aman jika terjadi kebakaran. Kayu merupakan bahan bangunan ekologis karena dapat dibudidayakan. Kayu yang digunakan untuk tangga harus kering *(kiln-dry)*. Renggat harus diperhatikan pada ibu dan anak tangga supaya tahan lama.



Letak renggat pada ibu tangga



Letak renggat pada anak tangga

Baja[42] berbentuk profil gilas atau pelat merupakan bahan bangunan untuk tangga yang cocok sekali, terutama di perindustrian. Akan tetapi, konstruksi tangga dari baja sering juga digunakan pada rumah tinggal sebagai nilai estetis, misalnya sebagai tangga lingkaran. Konstruksi tangga baja umumnya dilas atau dibaut dan disediakan secara prakilang di bengkel tertentu sebelum dimuat ke tempat bangunan.

[39] Frick, Heinz/Koesmartadi, Ch. *Ilmu bahan bangunan.* Yogyakarta: Kanisius, 1999. halaman 66-72
[40] *ibid.* halaman 100-107, 147
[41] *ibid.* halaman 17-34
[42] *ibid.* halaman 114-119

8.1.5 Penentuan konstruksi tangga yang baik

Pola pikir atau alur pikir *(mental model)* berikut ini mempertimbangkan analisis (penyelidikan persoalan), konstruksi dan perwujudan persyaratan, serta pelaksanaan dan sintesis (penilaian paduan penyelesaian) demi penentuan konstruksi tangga yang baik.

Daftar penilaian konstruksi tangga

Permasalahan dan analisis (penyelidikan persoalan)

Fungsi dan tugas	Letak tangga	Bentuk tangga dlm ruang
tugas konstruksi tangga berkaitan dengan fungsi pokok, menghubungkan dua pelat lantai yang tingginya berbeda	di luar atau di dalam gedung, mempengaruhi perbandingan kelandaian	tangga lurus, tangga dengan bordes, tangga dengan belokan, tangga lingkaran

Persyaratan atas konstruksi tangga menurut analisis

Perwujudan dalam konstruksi dan bahan bangunan

konstruksi tangga masif dengan dinding penumpu (beton, batu alam, balok kayu)	konstruksi tangga tanpa dinding penumpu (beton bertulang, papan kayu, baja)	konstruksi tangga terjepit sebelah (beton bertulang, balok kayu, baja)

Perdagangan dan pasaran bahan bangunan

Permasalahan pelaksanaan (materialisasi)

Faktor sosial	Faktor ekonomi	Faktor bahan bangunan dan teknologi
Keamanan naik-turun, keamanan terhadap kebakaran dan melarikan diri dalam hal darurat, serta keindahan	Biaya pembangunan, waktu membuat dan memasang tangga (anak tangga dapat distandardisasi)	Berdasarkan pada bahan bangunan yang ekologis, yang lokal dan dengan teknologi terapan.

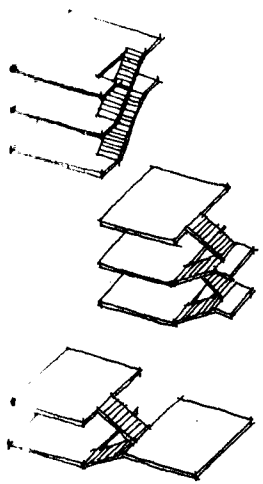
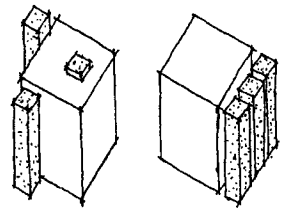
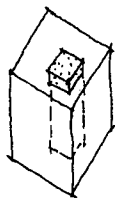
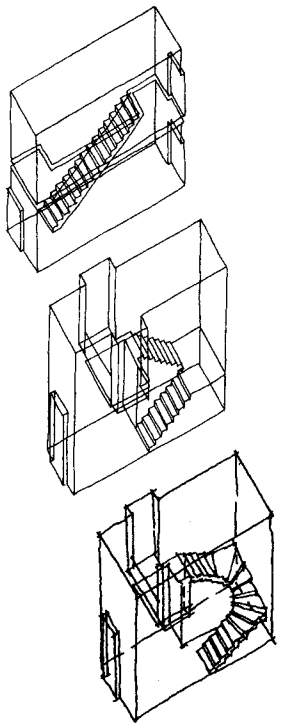
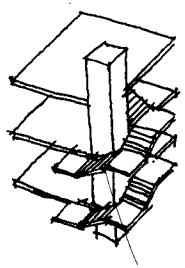
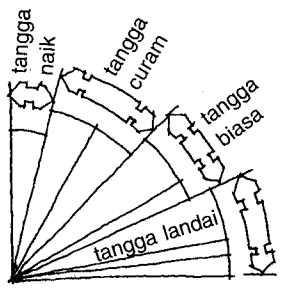
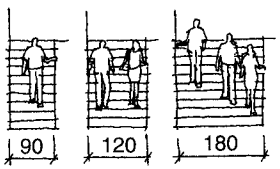
Pertimbangan dan evaluasi alternatif penyelesaian (sintesis)

Penerapan daftar penilaian dan evaluasi konstruksi tangga

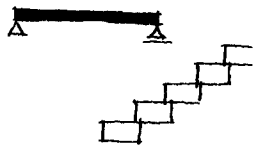
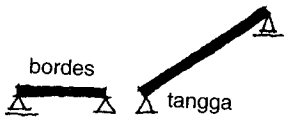
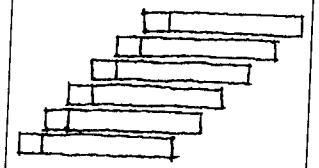
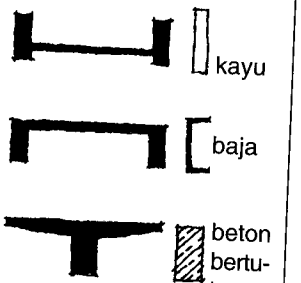
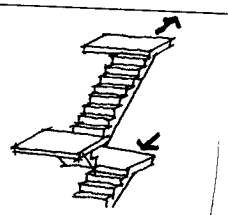
Pola pikir atau daftar penilaian (lihat halaman 52) akan diterangkan tahap demi tahap. Contoh penerapan penentuan konstruksi tangga yang baik perlu melalui pertimbangan fungsi dan tugas, maupun letak dan bentuknya dalam ruang, yang perlu diperhatikan sebagai berikut:

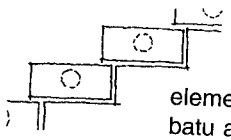
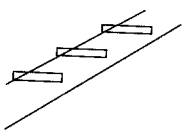
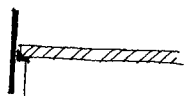
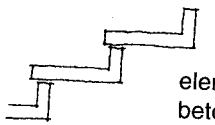
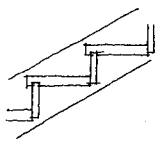
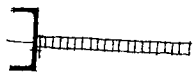
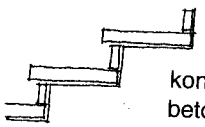
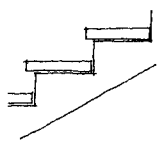
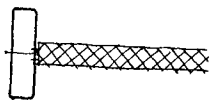
Tahap 1 (penyelidikan persoalan):

Permasalahan dan analisis (pertimbangan pengaruh)

Fungsi dan tugas	Letak tangga	Bentuk tangga dlm ruang
 tangga menghubungkan dua atau lebih banyak pelat lantai yang tingginya berbeda	 di luar massa gedung tersebar pada ujung atau terkumpul sebagai lapisan vertikal  di dalam gedung secara terpusat	 Bentuk tangga dlm ruang
 pada gedung tinggi (lebih dari empat tingkat), tangga dilengkapi dengan lift	 kelandaian bermacam tangga	 Lebar tangga tergantung kebutuhan

Tahap 2 (perwujudan konstruktif dan bahan bangunan):

Perwujudan dalam konstruksi dan bahan bangunan		
Tangga masif dengan dinding penumpu	Tangga tanpa dinding penumpu	Tangga yang terjepit sebelah
 anak tangga masing-masing berfungsi sebagai balok tunggal	 tangga menjembatani jarak antara dua pelat lantai atau bordes	anak tangga berfungsi sebagai konsol
 anak tangga masif dibuat dari beton, batu alam, atau balok kayu		 tangga dengan bordes dapat berfungsi sebagai pelat lipat

Bahan bangunan dan konstruksi tangga		
Beton bertulang/batu alam	Kayu	Baja
 elemen batu alam	 tangga dengan lubang tersembunyi	 ibu tangga pelat baja
 elemen beton	 tangga dengan papan sentuh	 ibu tangga profil baja [
 konstruksi beton bertulang yang dilapisi pelat batu alam	 tangga dengan anak tangga ditakik	 ibu tangg a profil besi kanal [yang tertutup pelat baja

Apabila pada tahap 2 (perwujudan konstruktif dan bahan bangunan) muncul kesulitan, maka perlu diadakan pertimbangan kembali dengan memperhatikan tahap 1.

Tahap 3 (permasalahan pelaksanaan):

Pertimbangan realisasi		
Faktor sosial	Faktor ekonomi	Faktor bahan bangunan
Pemanfaatan naik-turun dengan kelandaian sesuai ukuran langkah manusia Semua anak tangga harus sama lebar dan sama tinggi Setiap tangga harus dilengkapi dengan sandaran pengaman (± 85 cm tinggi) Bahan bangunan harus memenuhi standar ketahanan terhadap kebakaran (tahan api selama min. 60 menit) Keindahan dan status sosial (sesuai pendapat pribadi)	– Biaya pembangunan (penggunaan biaya secara teliti dan efisien) misalnya tangga yang dapat dimanfaatkan pada waktu mendirikan gedung, kemudian dilapisi batu alam, ubin keramik, dan sebagainya – Anak tangga dapat distandardisasi karena banyak elemen yang mirip, terutama untuk tangga lurus dan tangga berbentuk lingkaran (dapat menghemat biaya produksi)	– Bahan bangunan setempat (memanfaatkan bahan bangunan lokal yang belum diproses atau melalui proses sederhana saja baik secara mekanis maupun kimia) – Bahan bangunan yang memenuhi tuntutan ekologis yakni: · masa pakai lama · sedikit mencemari tanah, udara, air · dapat digunakan bertumbuh kembali · tidak mempengaruhi kesehatan penghuni

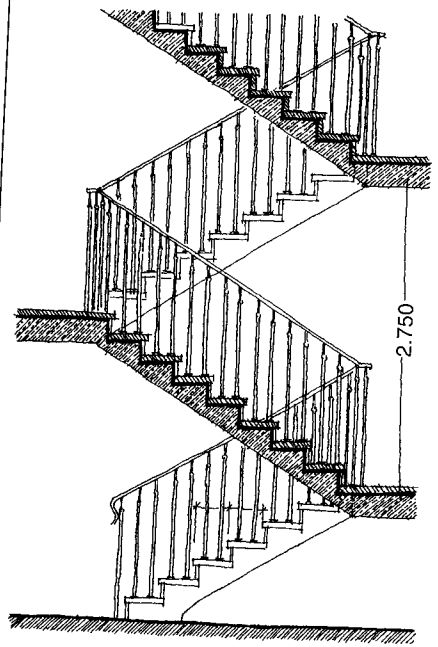
Penilaian kadar mutu ekologis per kilogram bahan bangunan[43]			
Bahan bangunan	PEI (yang tidak dapat diperbarui)	Efek rumah kaca 100a (CO_2 ekuivalen)	Pengasaman (SO_x ekuivalen)
Papan kayu (dikeringkan)	3.60 MJ	-1.550 kg	1.95 g
Tripleks, multipleks	6.50 MJ	-1.300 kg	3.20 g
Beton	0.80 MJ	0.130 kg	0.50 g
Baja tulangan	36.00 MJ	2.400 kg	11.00 g
Batu alam	0.17 MJ	0.003 kg	0.05 g
Ubin keramik	7.00 MJ	0.340 kg	1.20 g
Baja profil	43.00 MJ	2.900 kg	14.00 g

[43] Penilaian berdasarkan: IBO / Donau-Universität Krems (ed.). *Oekologischer Bauteilkatalog*. Wien: Springer, 1999. halaman 166-264; serta Kasser, Ueli/Pöll, Michael. *Graue Energie von Baustoffen*. Zürich, 1995. halaman 16

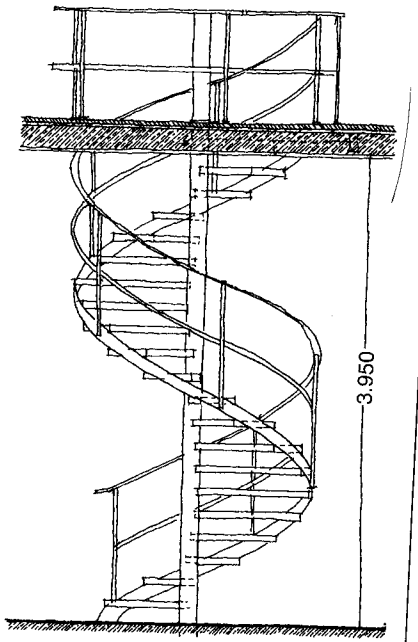
Penilaian kadar mutu ekologis bahan bangunan agak sulit diperhitungkan karena mengandung banyak persoalan yang berbeda-beda. Dalam buku ini penilaian kadar mutu ekologis selalu diperhitungkan per kilogram bahan bangunan tersebut. Definisi tentang energi primer yang terkandung, efek rumah kaca, dan pengasaman dapat diperhatikan dalam *Petunjuk penggunaan buku* (halaman vii di depan) dan pada *Lampiran: 4. Daftar kata-kata* (halaman 235, 239, 240).

Atas dasar pertimbangan bagian pertama dari tahap 3 (permasalahan pelaksanaan), maka dapat dilanjutkan materialisasi dengan penentuan detail-detail konstruksi tangga masing-masing alternatif yang ada.

Alternatif bentuk dan konstruksi tangga:



Tangga dengan bordes dari beton



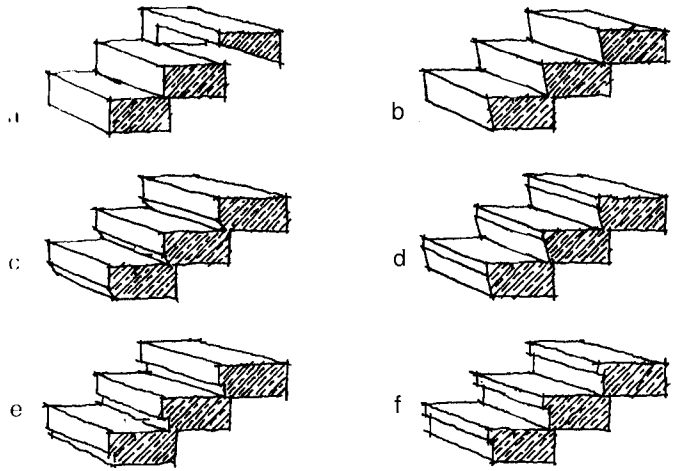
Tangga lingkaran dari baja

Dengan perhatian pada alternatif bentuk dan konstruksi tangga yang ada sebagai sintesis, maka perlu peninjauan kembali dengan melihat tahap 2 sehingga dapat menentukan alternatif tangga mana yang paling cocok, berhubungan dengan fungsi dan tugas semula, untuk diterapkan.

4.2 Konstruksi tangga masif

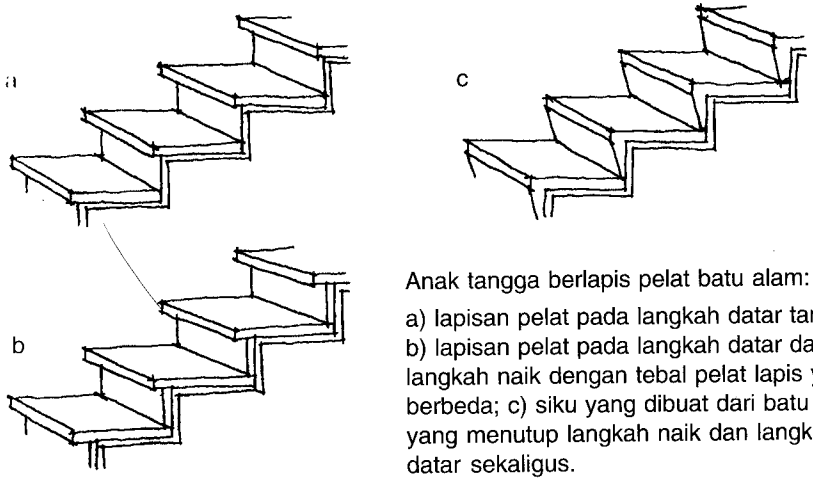
4.2.1 Konstruksi tangga dari batu alam dan buatan

Konstruksi tangga batu alam di dalam rumah biasanya jarang dibuat dari batu alam yang murni, melainkan konstruksi tangga dari beton bertulang dengan lapisan anak tangga dari pelat batu alam.



Konstruksi tangga dari batu alam sebagai susunan prisma/bata berbentuk: a) dengan langkah naik vertikal; b) dengan langkah naik miring; c) dan d) dengan langkah naik berprofil; e) dengan juluran tebal; f) dengan juluran tipis

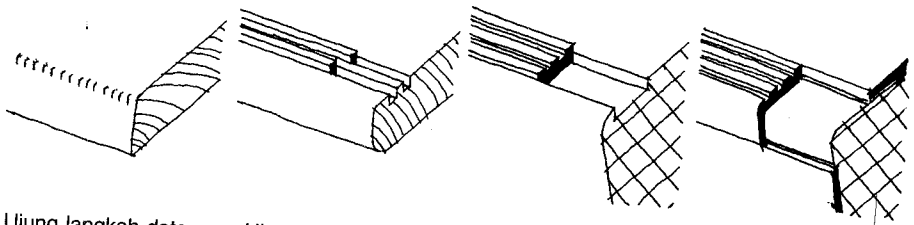
Lapisan anak tangga dengan pelat batu alam membutuhkan konstruksi dasar beton bertulang. Dapat dibedakan atas tiga macam:



Anak tangga berlapis pelat batu alam:
a) lapisan pelat pada langkah datar tangga; b) lapisan pelat pada langkah datar dan langkah naik dengan tebal pelat lapis yang berbeda; c) siku yang dibuat dari batu alam yang menutup langkah naik dan langkah datar sekaligus.

Sistem konstruksi tangga batu alam maupun lapisan anak tangga dengan pelat batu alam tersebut tentu saja dapat dibuat juga dengan batu buatan atau elemen beton pracetak. Tangga berkonstruksi beton bertulang juga dapat dilapisi ubin keramik jika memperhatikan bahaya kegelinciran. Demi keamanan, dalam hal ini sebaiknya ujung langkah datar dilapisi ubin keramik kasar atau beralur dengan warna berbeda.

Keamanan terhadap kegelinciran menghindari jatuhnya orang karena tergelincir pada tangga. Yang dianggap penting dalam hal ini adalah pembentukan dan pilihan bahan pada ujung depan langkah datar atau juluran.



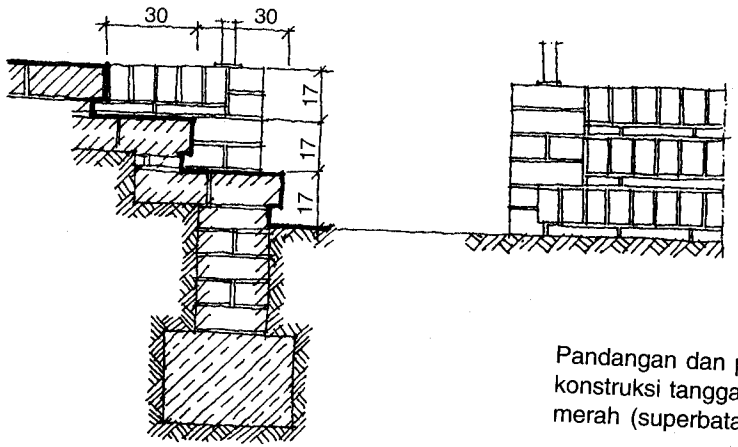
Ujung langkah datar harus bundar sedikit r > 3 mm dan < 10 mm demi keamanan

Ujung langkah datar dapat dilengkapi dengan lajur-lajur karet pada tangga kayu

Ujung langkah datar dapat dilengkapi dengan profil beralur dari keramik atau bahan sintetik untuk tangga beton dsb.

Ujung langkah datar dapat dilengkapi dengan profil L dari keramik untuk tangga beton yang berlapis ubin keramik

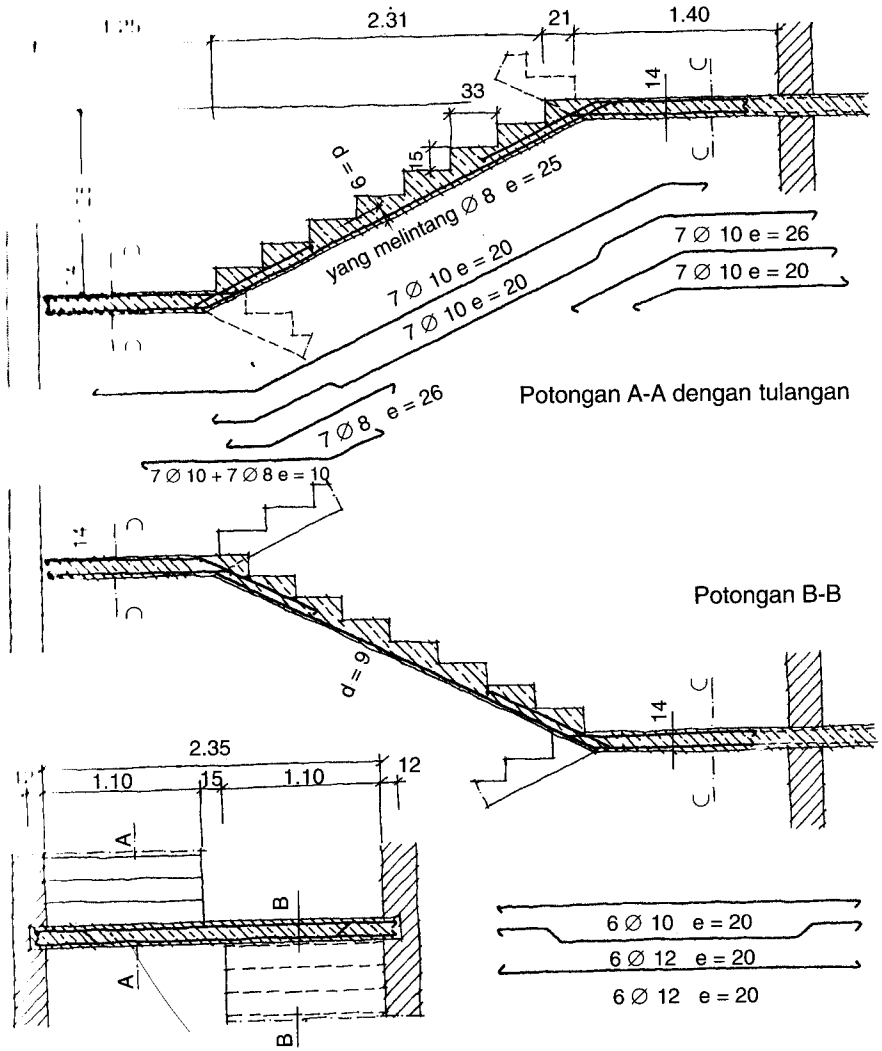
Konstruksi tangga dari batu buatan (batu merah bermutu tinggi atau yang berglasur) merupakan sistem konstruksi campuran. Biasanya pembangunan konstruksi tangga ini digunakan pada tangga yang langsung terletak pada tanah (beralas dengan lapisan beton) dengan barisan batu merah yang melintang berdiri.



Pandangan dan potongan konstruksi tangga dari batu merah (superbata)

4.4.3 Konstruksi tangga beton bertulang

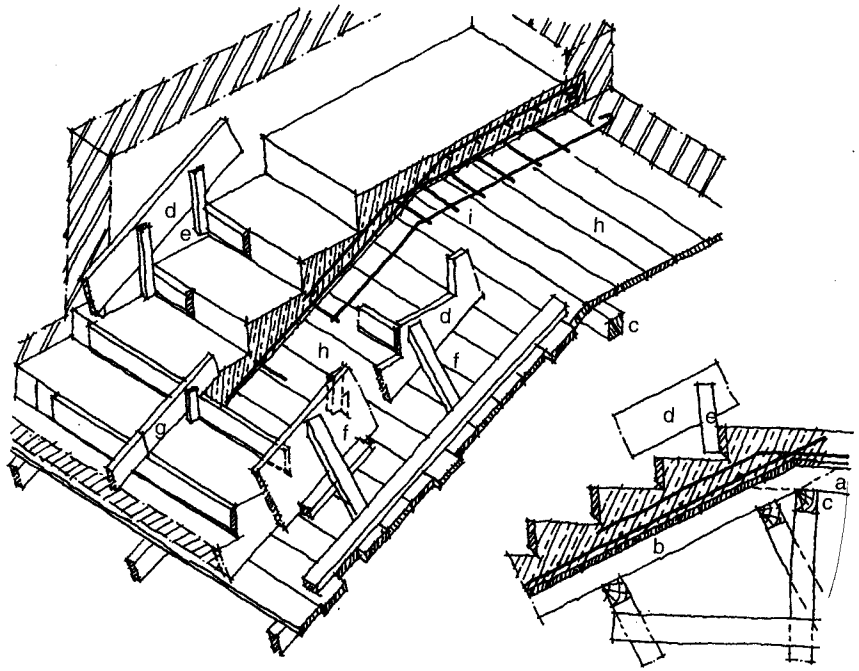
Konstruksi tangga beton bertulang biasanya dipilih untuk gedung kantor dan rumah susun karena kuat dan tahan terhadap kebakaran. Tangga ini umumnya dicor pada tempatnya. Sebagai contoh[44] di sini diperhatikan tangga dengan bordes berkonstruksi beton bertulang (perhitungan mekanika teknik harus dilakukan seorang ahli sipil).



Potongan bordes C-C yang mengikat di antara dinding penumpu

[44] Digambar ulang menurut: Frick/Knöll/Neumann. *Baukonstruktionslehre.* jilid 2. edisi ke-25. Stuttgart: Teubner, 1975. halaman 182

Pemasangan bekisting harus dibuat dengan teliti dan kuat, karena pengecoran tangga harus dilakukan sekaligus.



Bekisting beton untuk tangga dengan bordes:[45]

a) balok lantai bekisting bordes; b) balok lantai miring bagian tangga; c) penggalang di atas tiang; d) papan yang menentukan langkah naik; e) reng yang memegang bekisting langkah naik; f) bekisting pinggir tangga dengan dua cara yang berbeda; g) papan pemegang bekisting langkah naik pada garis langkah; h) bekisting lantai tangga dan bordes; i) baja tulangan

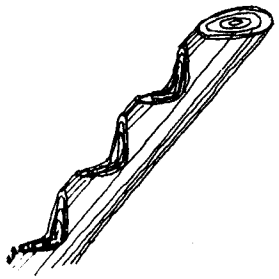
Konstruksi tangga dari beton bertulang tidak terbatas pada tangga yang lurus saja, melainkan membuka kemungkinan untuk membentuk konstruksi tangga belokan atau lingkaran juga. Jika ada orang ahli yang menguasai perhitungan statikanya dan gambar geometris maupun tukang kayu yang mampu membuat bekisting yang sesuai gambar, tepat dan kuat, maka konstruksi tangga beton bertulang merupakan tantangan yang menarik.

[45] Digambar ulang menurut: Fullerton, R.L. *Building construction in warm climates.* jilid 2. edisi ke-2. Oxford: University Press, 1983. halaman 21

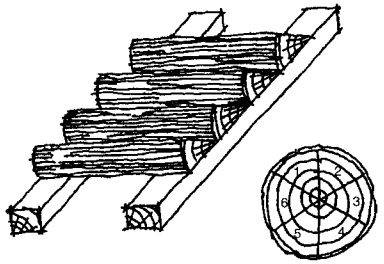
8.1 Konstruksi tangga kayu

Konstruksi tangga dari kayu berdasarkan konstruksi dari kayu gelondongan, yang anak tangganya langsung dicowak pada ibu tangga tersebut. Konstruksi ini kemudian dikembangkan menjadi semacam tangga dengan dua kayu gelondongan sejajar kemudian batang-batang papan kayu diletakkan melintang dalam cowakan masing-masing.

Pengembangan konstruksi tangga masif yang lebih aman adalah konstruksi dengan anak tangga yang dibuat dari kayu gelondongan yang dibagi enam, kemudian diletakkan dan dipasang dengan pasak kayu pada balok ibu tangga. Gemang kayu yang dipergunakan harus minimal dua kali langkah datar, seperti terlihat pada gambar berikut:



Konstruksi tangga masif kuno yang dibuat langsung dari kayu gelondongan yang dicowak

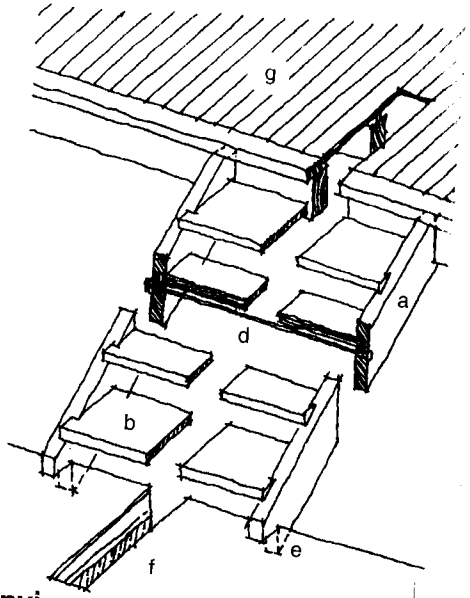


Konstruksi tangga masif kuno yang dibuat langsung dari kayu gelondongan dengan dua balok sebagai ibu tangga

8.3.1 Cara membuat tangga dari kayu

Tangga dengan lubang terbuka

Tangga dengan lubang terbuka merupakan konstruksi tangga yang sederhana. Papan langkah masuk 20 mm ke dalam lubang pada ibu tangga sedemikian rupa sehingga dapat dimasukkan dari depan. Lubang tersebut dapat dibentuk ekor burung supaya tangga menjadi kaku, atau jika lubang dibuat biasa saja, perlu dipasang baut tangga. Dengan begitu, ibu tangga terikat oleh ekor burung papan langkah atau oleh baut tangga. Ibu tangga diberi cakar ujung bawah sehingga tangga tidak mengalami pergeseran, sedangkan ujung atas bersandar pada pelat lantai atas. Agar supaya konstruksi tangga yang tidak dilengkapi papan sentuh ini tetap menjadi aman dan nyaman dipakai, maka dibutuhkan juluran papan langkah yang satu terhadap sisi belakang papan langkah berikut sebesar > 4 cm.

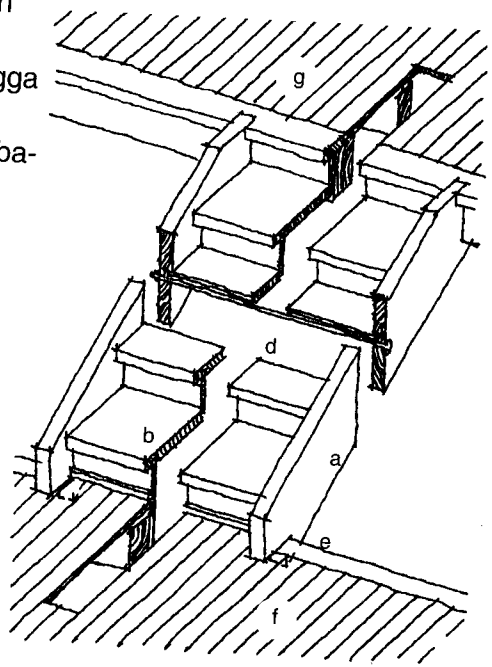


Tangga dengan lubang terbuka

a) ibu tangga tebal 40-60 mm
b) papan langkah tebal 30-45 mm
d) baut tangga ø 10 mm
e) cakar pada ibu tangga
f) pelat lantai bawah
g) pelat lantai atas

Tangga dengan lubang tersembunyi

Biasanya konstruksi tangga dibuat dengan cara papan langkah dan papan sentuh tertanam pada ibu tangga dengan lubang tersembunyi. Pada konstruksi ini, papan langkah ditanamkan 20-22 mm pada ibu tangga, dan papan sentuh 15-17 mm. Supaya hubungan erat antara ibu tangga, papan langkah, dan papan sentuh (penutup anak tangga) dapat terjamin dan tangga merupakan suatu keseluruhan, maka perlu dilengkapi dengan baut tangga. Beban dalam pemakaian tangga yang ditanggung oleh satu bagian, kemudian terbagi pada seluruh tangga.

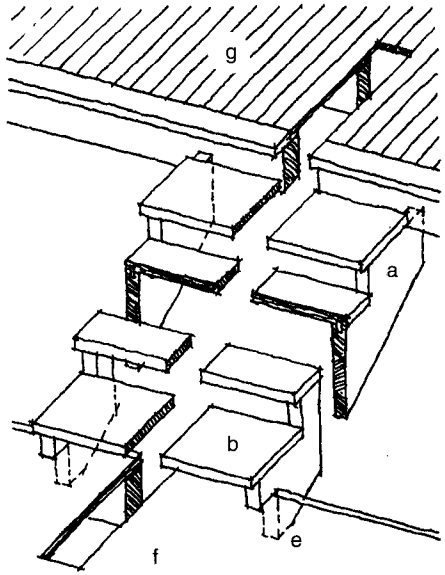


Tangga dengan lubang tersembunyi

a) ibu tangga tebal 40-60 mm
b) papan langkah tebal 30-45 mm
c) papan sentuh > 18 mm
d) baut tangga ø 10 mm
e) cakar pada ibu tangga
f) pelat lantai bawah
g) pelat lantai atas

Tangga dengan papan langkah ditakik[46]

Konstruksi tangga dengan papan langkah ditakik merupakan konstruksi tangga kayu yang sederhana dan tua. Tangga ini membagikan beban dari papan langkah kepada ibu tangga yang ditakik dan karena itu membutuhkan tebal kayu yang lebih besar dan hanya dapat digunakan untuk tangga yang lurus. Agar supaya konstruksi tangga yang tidak dilengkapi papan sentuh ini tetap menjadi aman dan nyaman dipakai, maka dibutuhkan juluran papan langkah yang satu terhadap yang belakang papan langkah berukuran sebesar > 4 cm. Supaya ibu tangga terlindung (misalnya dari air pembersihan), sebaiknya papan langkah juga diberi juluran ke samping. Papan langkah dipasang dengan pasak atau sekrup tersembunyi pada ibu tangga yang ditakik.

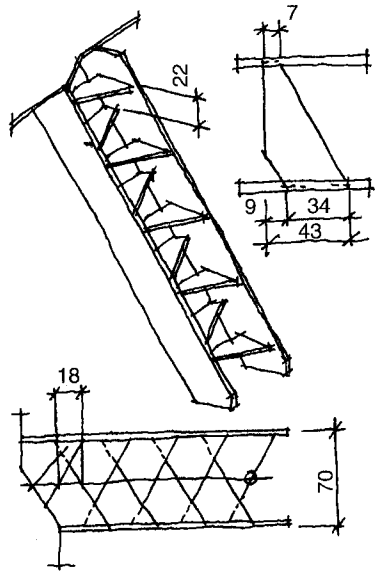


Tangga dengan papan langkah yang ditakik

a) ibu tangga tebal 60-80 mm
b) papan langkah tebal 40-50 mm
e) cakar pada ibu tangga
f) pelat lantai bawah
g) pelat lantai atas

Tangga hemat

Tangga hemat dapat menghemat ruang (sudut naik sekitar 60°), tetapi tidak dapat digunakan untuk tangga yang sering dipakai penghuni rumah atau yang untuk umum. Lebar tangga < 70 cm sehingga tidak bisa dua orang berpapasan. Sebagai konstruksi, tangga hemat merupakan konstruksi tangga dengan lubang tersembunyi.

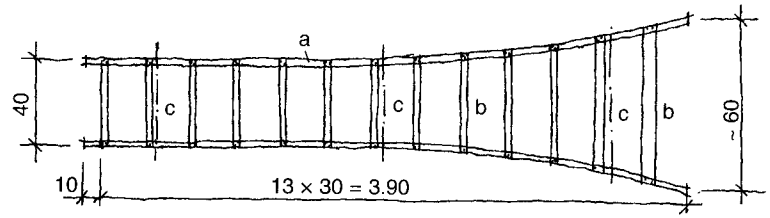


Gambar konstruksi tangga hemat

[46] Semua tangga kayu digambar ulang menurut: Ronner, H. *op.cit.* hlm. 81

Tangga naik

Tangga naik merupakan tangga yang bersifat sementara, yang tidak boleh digunakan sebagai tangga tetap. Tangga naik terutama yang terbuat dari bahan bambu sering tidak memenuhi kebutuhan keamanan dan kestabilan. Tangga yang aman perlu kaki yang lebar dan diruncingkan, serta tiga sekrup tangga (terpasang di sebelah bawah anak tangga) yang menjamin kestabilan. Anak tangga tembus pada ibu tangga dan diperkuat baji kecil sehingga tidak akan longgar. Karena tangga naik sering diangkat dan dipindah tempatnya, dipilih kayu yang agak ringan dan berserat panjang. Supaya tahan cuaca, perlu diawetkan dengan minyak lena.



Tangga naik dengan panjang 4.00 m

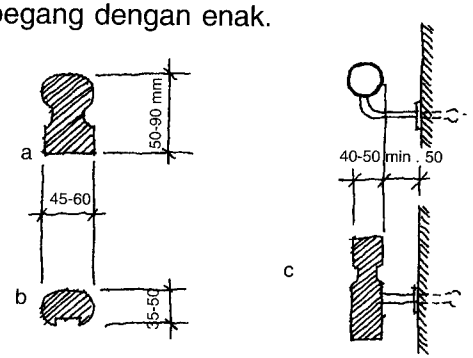
a) ibu tangga 30x60 mm; b) anak tangga 18x45 mm (yang paling bawah 20x50 mm, karena lebih panjang); c) baut tangga

8.3.2 Cara membuat pegangan dan sandaran tangga dari kayu

Konstruksi pegangan dan sandaran pada tangga menjamin keamanan dan memberi kenyamanan bagi pengguna. Pegangan dan sandaran harus kuat terhadap gaya horizontal sebesar 1 kN per meter sandaran, karena itu tiang pegangan dan sandaran harus dibuat stabil.

Pegangan dan sandaran terdiri dari:

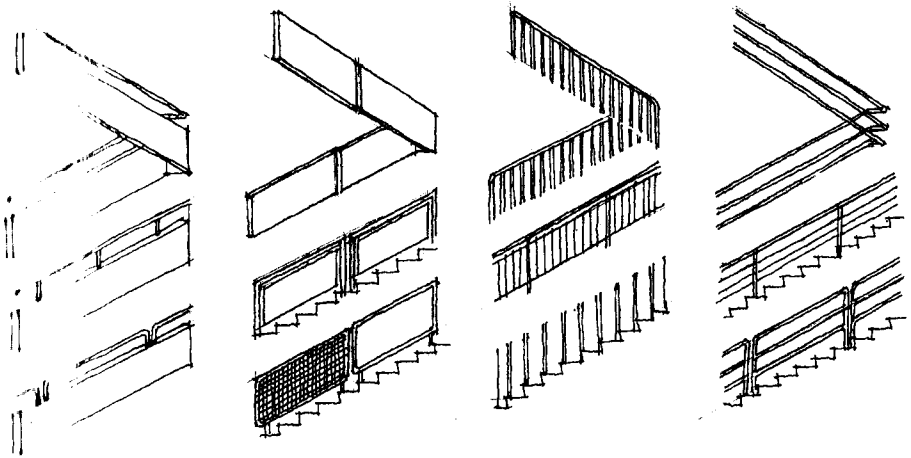
Pegangan dibuat dari kayu berprofil sedemikan rupa sehingga dapat dipegang dengan enak.



Pegangan dari kayu
a) pegangan untuk sandaran kayu;
b) pegangan untuk sandaran baja;
c) pegangan pada dinding pipi (tanpa sandaran) dapat juga dibuat dari pipa

Tiang sandaran biasanya terletak pada anak tangga pertama dan anak tangga terakhir. Tiang tersebut mendukung pegangan dan mengikat isi birai.

Isi birai menghindari anak jatuh pada pinggir tangga. Karena itu, isi birai harus dibuat sedemikian rupa sehingga bola ∅ 100 mm (ukuran kepala anak kecil) tidak dapat tembus. Pada prinsipnya, isi birai dapat digolongkan sebagai berikut:



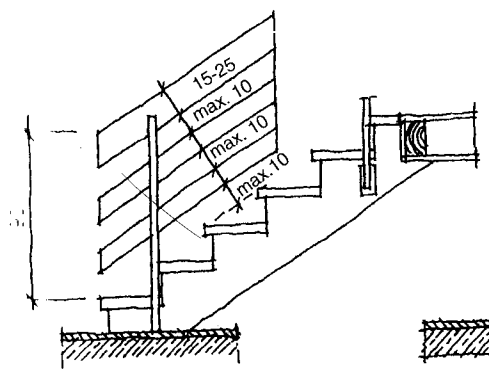
Sandaran masif seperti dinding batu bata atau beton dsb.

Isi birai dari kaca, pelat seng, tripleks dengan atau tanpa bingkai

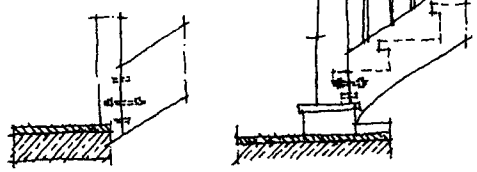
Isi birai beruji-ruji (galah) dari kayu, atau setrip baja, besi tulangan, dsb.

Sandaran dan pegangan sederhana dari papan atau pipa baja

Konstruksi pegangan dan sandaran kayu yang sederhana dibuat dengan pegangan dan papan isi birai yang sejajar dan yang dipasang pada tiang pegangan. Tingginya minimal 90 cm.



Pegangan dan sandaran dari papan

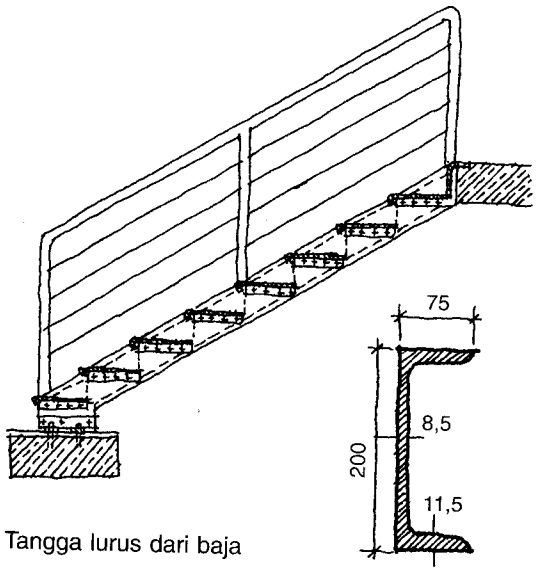


Tiang sandaran dan isi birai beruji-ruji

8.4 Konstruksi tangga baja

Konstruksi tangga baja dibuat dari pelat baja atau profil gilas biasanya digunakan di perindustrian (tangga mesin bertingkat, pada kapal, dan sebagainya), atau untuk rumah karena harganya lebih murah, terutama pada tangga lingkaran.

Konstruksi tangga baja yang lurus:

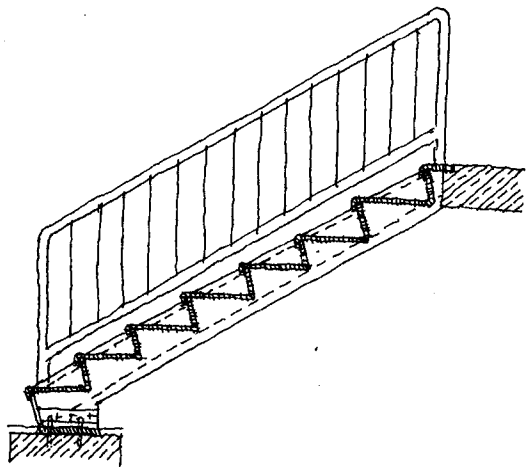


Tangga lurus dari baja

Ibu tangga menggunakan baja profil kanal ⊏ (200×75×25 mm) tebal 4 mm atau besi ⊏ 200×75 mm, tebal badan 8.5 mm dan sayap 11.5 mm.

Anak tangga dibuat dari pelat baja berusuk atau berbintik yang ujungnya dilipat ganda, atau kisi dilengkapi papan langkah kayu. Sambungan antara anak tangga dan ibu tangga dapat dibaut atau dilas.

Konstruksi tangga baja yang lurus dengan sentuh:



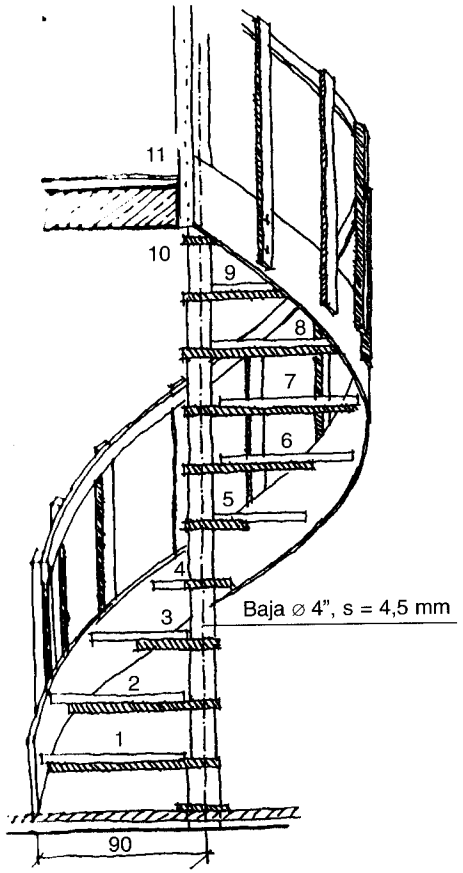
Tangga lurus dari baja dengan sentuh

Anak tangga termasuk sentuh dibuat dari pelat baja berusuk atau pelat baja berbintik dengan ketebalan minimal 4 mm. Antara ibu tangga dan anak tangga digunakan penyambung baut.

Konstruksi pegangan dari pipa baja dengan isi birai beruji-ruji besi tulangan.

Konstruksi tangga baja berbentuk lingkaran:

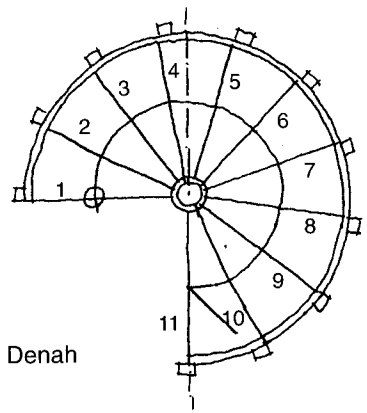
Bentuk tangga ini sangat cocok untuk ruangan kecil pada rumah tinggal, tetapi tidak aman pada rumah susun maupun bangunan umum. Arah tangga lingkaran, demi keamanan dan kenyamanan, selalu dibuat berputar searah jarum jam.



Pandangan

Ibu tangga merupakan seng baja 6×200 mm dan anak tangga dibuat dari besi siku 35×35×4 mm yang badannya mengelilingi tiang (pipa ⌀ 4") dan sayapnya dipotong. Semua sambungan baja dilas. Kemudian papan langkah dapat dipasang dengan sekrup dari bawah.

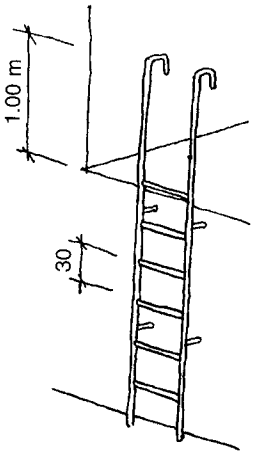
Pandangan (kiri) dan denah (bawah) konstruksi tangga baja berbentuk lingkaran



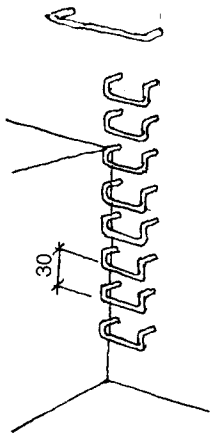
Denah

Tangga naik dari baja

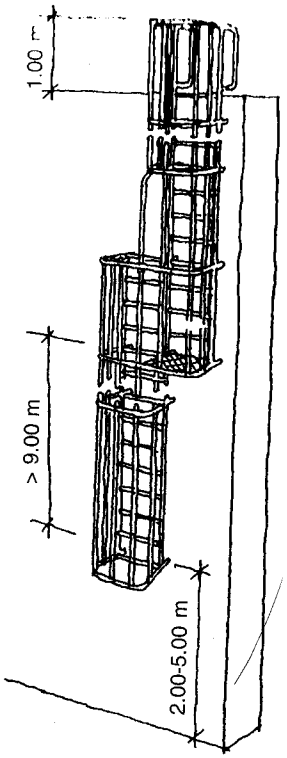
Tangga naik dari baja dapat digolongkan atas tangga naik yang biasanya dibuat dari pipa baja dengan ibu tangga (⌀ 1¼" = 42.4 mm ukuran luar) dan anak tangga (⌀ ¾" = 26.9 mm ukuran luar), atau yang terdiri dari pijakan (pemijak) saja dari besi tulangan (⌀ > 18 mm). Pada tangga naik yang lebih tinggi dari 5.0 m seharusnya dipasang kurung baja dengan bordes setiap 9.0 m.



Tangga naik dari baja dengan pegangan atas (juluran ibu tangga)



Pijakan (pemijak) dari besi tulangan dengan batang pegangan yang horizontal



Gambar kanan: tangga naik dari baja yang lebih tinggi dari 5.0 m; dilengkapi kurung baja dengan bordes setiap 9.0 m

8.5 Instalasi lift dan tangga berjalan

8.5.1 Pengertian dan fungsi lift

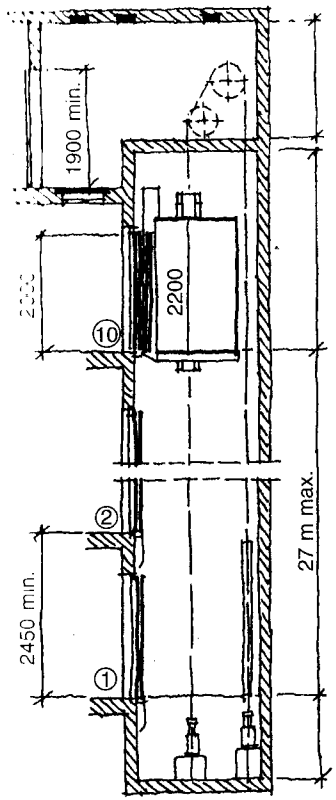
Instalasi lift harus memenuhi persyaratan peraturan bangunan nasional[47] yang menentukan, antara lain, bahwa garis tengah kabel-kabel harus sekurang-kurangnya 12 mm (½"). Banyaknya kabel harus lebih dari tiga buah. Pelat lantai pemikul lift harus dibuat dari beton bertulang. Rel penuntun kabin harus dari baja. Kabin lift harus dari bahan tahan api, tertutup, sehingga penumpang tidak dapat memegang barang-barang di luar, dan berlubang. Dari lubang itu penumpang dapat ditolong dalam keadaan darurat.

Peraturan tersebut membedakan antara **lift untuk manusia** dan **lift untuk barang**. Lift-lift tersebut mempergunakan kecepatan berikut:

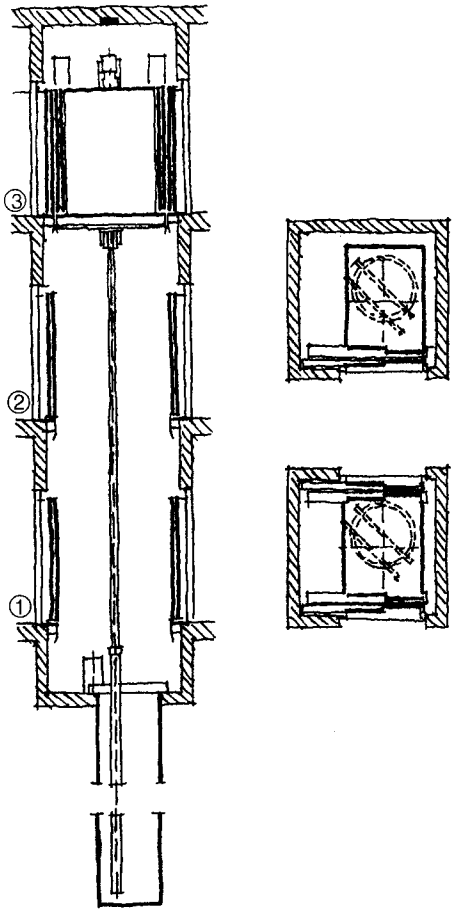
[47] PUTL: *Peraturan bangunan nasional.* edisi ke-7. Bandung 1977. hlm. 57-58

Lift untuk manusia		Lift khusus	
Tinggi gedung	kecepatan lift	Jenis gedung	kecepatan lift
4-10 tingkat	1.0-2.5 m/detik	rumah sakit	2.5 -3.5 m/detik
10-15 tingkat	3.0-3.5 m/detik	rumah tinggal	1.0 -1.3 m/detik
15-20 tingkat	3.5-4.0 m/detik	Lift untuk barang	
20-50 tingkat	4.0-6.0 m/detik	2-3 tingkat	0.5 m/detik
> 50 tingkat	6.0-7.5 m/detik	4-5 tingkat	0.8 m/detik
		6-10 tingkat	1.0 m/detik

Lift berfungsi dengan **kabel kawat baja dan beban penyeimbang** (lift manusia) atau secara **hidraulis** (biasanya lift barang) sebagai berikut:



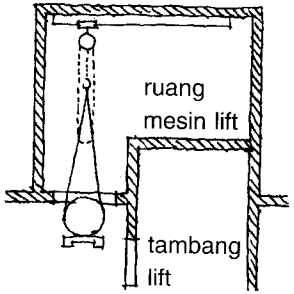
Lift kabel kawat baja dengan berat imbangan



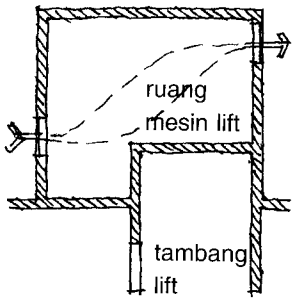
Lift hidraulis

8.5.2 Persiapan gedung untuk instalasi lift

Ruang mesin untuk lift yang berfungsi dengan kabel kawat baja dan beban penyeimbang diletakkan sebaiknya di atas tambang lift. Pada pelat lotengnya harus dipasang rel untuk pemandu dan pada lantainya dibutuhkan lubang untuk mengangkat mesin lift. Supaya ruang lift tidak terlalu panas, penghawaan harus terjamin sebagai berikut:



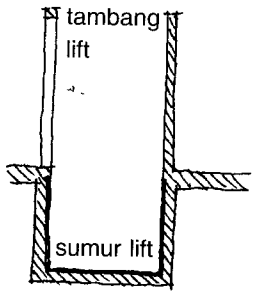
Ruang lift dengan rel dan pemandu untuk mengangkat dan memasang mesin lift



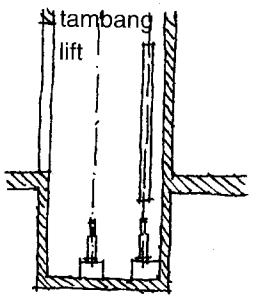
Ruang lift dengan penghawaan alami *(cross ventilation)*

Tambang lift harus dibuat dari bahan yang tahan api dan tidak dapat dibakar, biasanya dari beton bertulang (untuk lift kecil dapat dipracetak) atau batu merah yang diplester. Tambang lift tidak boleh digunakan untuk instalasi lain seperti air, air limbah, listrik, dan sebagainya.

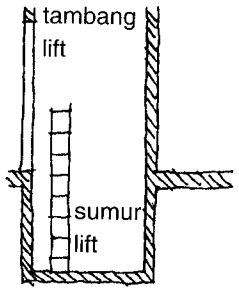
Di bagian bawah tambang lift harus diadakan sumur lift (lubang di bawah perhentian lift yang terendah). Karena bagian terendah itu rawan banjir oleh air tanah yang masuk, maka harus dibuat kedap air. Di bawah beban penyeimbang dibutuhkan penyangga, dan sumur tersebut harus dilengkapi dengan tangga naik untuk mengontrol dan membersihkannya.



Sumur lift dengan lapisan kedap air di dalam

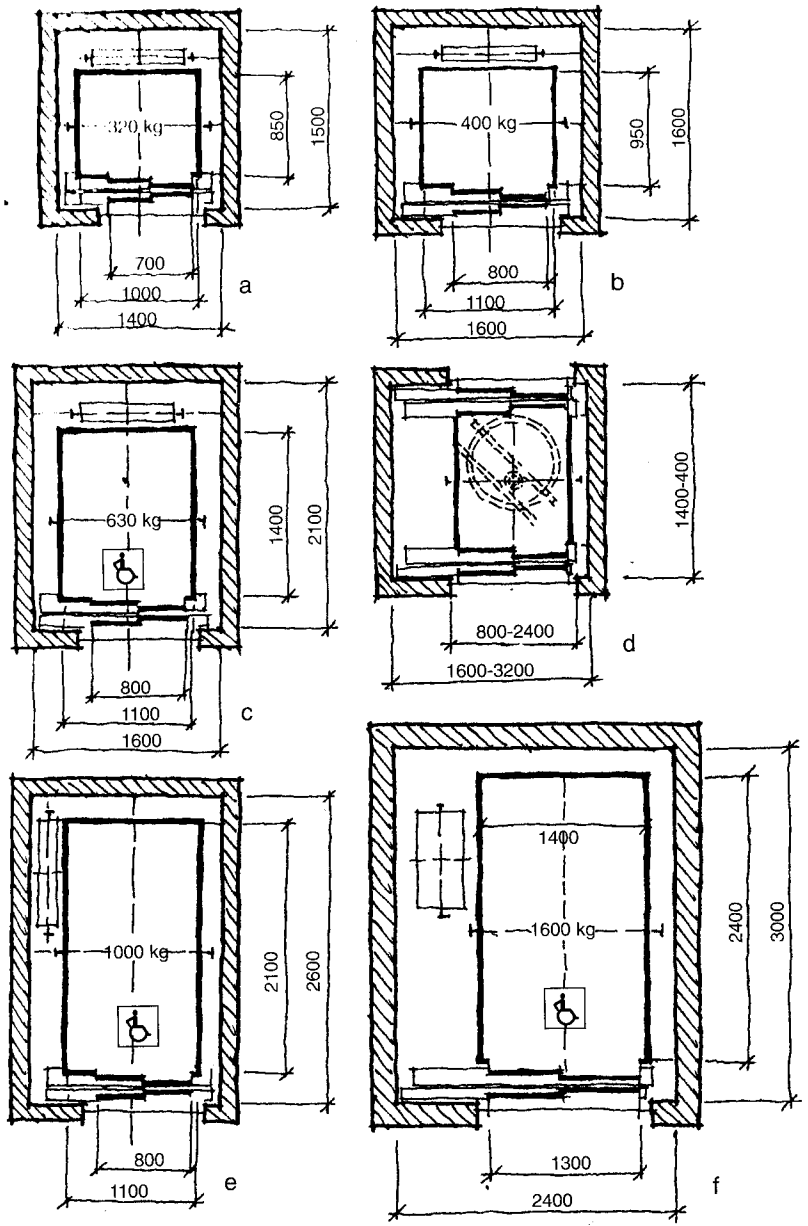


Sumur lift dengan penyangga pada beban penyeimbang



Sumur lift dengan tangga naik

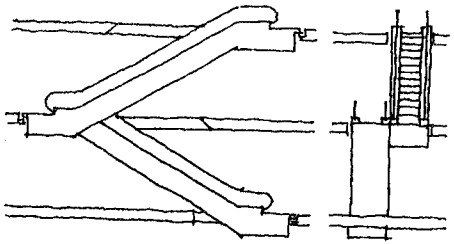
Ukuran-ukuran tambang lift yang biasanya dipilih adalah:



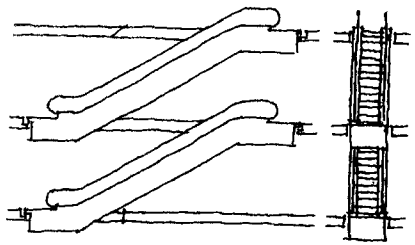
Ukuran tambang lift pada:
a) lift untuk 4 orang; b) lift untuk 5 orang; c) lift untuk 8 orang, lift terkecil yang dapat digunakan dengan kursi roda; d) lift hidraulis untuk barang 630 – 5'000 kg; e) lift untuk 13 orang; f) lift untuk tempat tidur di rumah sakit

8.5.3 Tangga berjalan (eskalator)

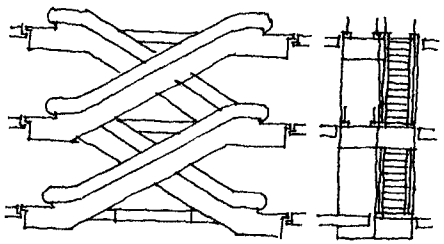
Tangga berjalan digunakan terutama di gedung umum dengan banyak pengunjung seperti pusat belanja *(shopping center)*, stasiun kereta api besar, lapangan terbang, bioskop, dan sebagainya. Tangga berjalan harus memenuhi syarat-syarat keamanan yang ditentukan oleh pemerintah dan dibangun dan dipelihara oleh perusahaan berkeahlian. Aturan arah naik-turun dapat dilakukan sebagai berikut:



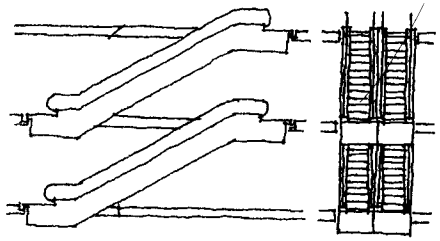
Tangga berjalan searah terus-menerus



Tangga berjalan searah terputus-putus

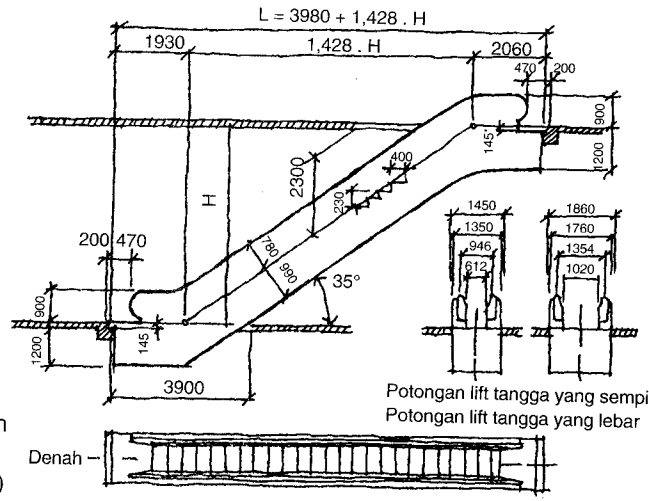


Tangga berjalan dua arah bersilangan



Tangga berjalan dua arah sejajar

Kemiringan tangga berjalan dapat ditentukan 30°-35° sebagai berikut.



Tangga berjalan dengan kemiringan 35°
(semua ukuran dalam mm)

9 Perlengkapan pembukaan dinding

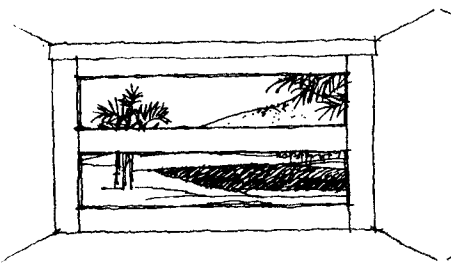
9.1 Konstruksi jendela

9.1.1 Pengertian dan fungsi jendela

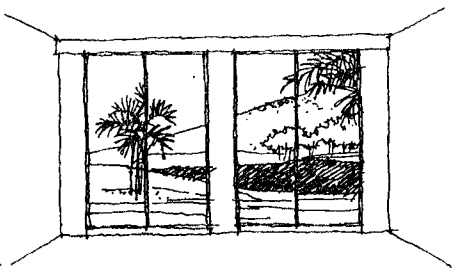
Jendela merupakan lubang cahaya dan lubang udara dalam gedung. Sebagai bingkai berkaca, jendela juga merupakan perlindungan terhadap angin, hujan, udara dingin/panas, kebisingan, serta maling. Perbandingan dan besar jendela pada gedung ditentukan oleh fungsi dan kebutuhan cahaya di dalam, pandangan estetis dari luar, dan pertimbangan konstruktif. Namun, jendela tetap merupakan pembagi tampak (pandangan) pada gedung, yang paling menonjol.[48]

Besaran jendela tergantung pada ukuran luas dan tujuan ruang yang akan dicahayai. Setiap ruang yang dimanfaatkan untuk kediaman atau kerja manusia harus dilengkapi lubang jendela bersih 12%-15% dari luas lantai ruang tersebut, akan tetapi tidak boleh kurang dari 10% luas lantai. Minimal separo luas jendela harus dapat dibuka, dan di sebelah atasnya diberi lubang penghawaan bersih sebesar minimal 0,35% luas lantai.[49]

Jendela tidak merupakan penentu pada tampak gedung luar saja, melainkan juga merupakan faktor penting di dalam ruang, dilihat dari segi pencahayaan[50] maupun dari segi pandangan sebagai berikut:



Pandangan pada jendela dengan ambang tengah yang merintangi pemandangan

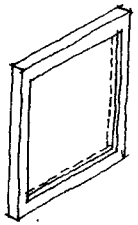


Pandangan pada jendela dengan kolom vertikal yang mengurangi keleluasaan pribadi

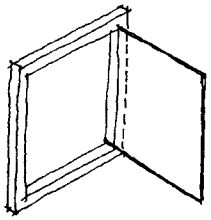
[48] Bdk.: Frick, Heinz/Purwanto, LMF. *Sistem bentuk struktur bangunan.* Yogyakarta: Kanisius, 1998. halaman 140-141
[49] Bdk.: DPUTL. *Peraturan Bangunan Nasional.* edisi ke-7. Bandung 1977. halaman 37-40 (II.304)
[50] Bdk.: Frick, Heinz/Purwanto, LMF. *op.cit.* halaman 142

Cara pembukaan jendela

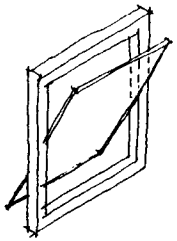
Berdasarkan cara pembukaan, jendela dapat dibagi atas:



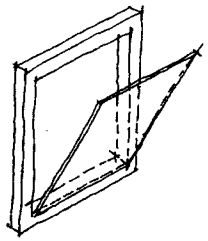
Jendela yang dipasang mati dalam kosen



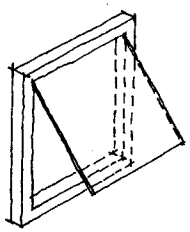
Jendela dengan sayap berputar[51] vertikal dan buka ke luar atau ke dalam



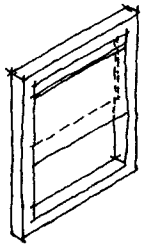
Jendela dengan sayap berputar horizontal



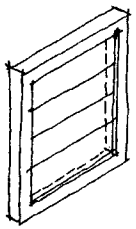
Jendela dengan sayap jatuh yang buka ke dalam



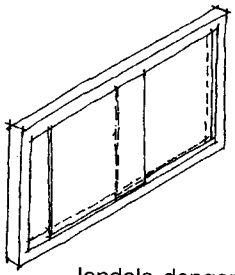
Jendela dengan sayap gantung (jungkit) yang buka ke luar



Jendela dengan sayap sorong vertikal



Jendela dengan lamel (jendela krepyak kaca)

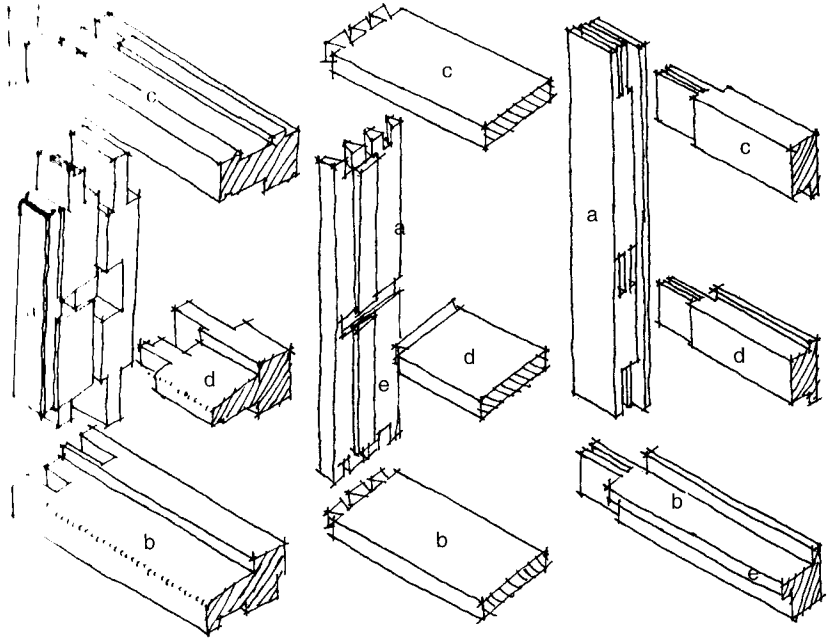


Jendela dengan sayap sorong ke samping

Jendela dengan sayap yang berputar vertikal mengganggu dalam keadaan terbuka jika membuka ke dalam. Jendela dengan sayap yang berputar horizontal, yaitu sayap jatuh yang membuka ke dalam, dan sayap gantung yang membuka ke luar boleh dibiarkan terbuka walaupun hujan. Jendela sorong agak jarang digunakan karena konstruksi rumit, sulit dibersihkan, sedangkan jendela dengan lamel memungkinkan penghawaan teratur, walaupun semua ini tidak kedap air hujan.

[51] Di Jawa pada umumnya digunakan istilah jendela tolak. Karena istilah tersebut berdasarkan istilah sorong, maka di sini digunakan *sayap berputar*.

Nama bagian-bagian kosen dan sayap jendela



Kosen biasa:

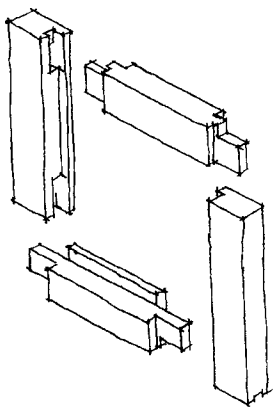
a) ambang tegak
b) ambang bawah
c) ambang atas
d) ambang lintang
e) telinga

Kosen tiruan:

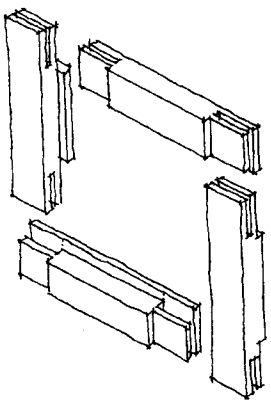
a) papan tegak
b) ambang bawah
c) ambang atas
d) papan lintang
e) bilah penahan

Bingkai jendela (tanpa kosen):

a) bingkai jendela tegak
b) bingkai jendela bawah
c) bingkai jendela atas
d) bingkai jendela lintang
e) juluran pengenyah air



Bingkai sayap jendela dengan purus bertingkat



Bingkai sayap jendela dengan purus ganda terbuka

9.1.2 Prinsip konstruksi dan bahan bangunan untuk jendela

Berhubungan dengan sejarah penjajahan Belanda, maka konstruksi jendela menuruti teknologi Belanda dengan pengertian bahwa jendela dan pintu tidak dapat langsung dipasang pada dinding, tetapi membutuhkan kosen sebagai konstruksi pembantu antara tembok dan jendela. Karena konstruksi ini sangat boros kayu, timbul kecenderungan untuk mengganti bahan kosen dengan konstruksi beton atau logam serta menggunakan sistem baru seperti kosen tiruan atau bingkai jendela dari kayu yang menghemat sekitar 50% bahan kayu (lihat 9.1.3 Kosen jendela, halaman 79-81).

Bahan bangunan untuk kosen dan sayap jendela

Kayu[52] merupakan bahan bangunan untuk kosen, bingkai jendela, maupun bingkai sayap jendela. Hendaknya digunakan kayu yang kering, lurus, mudah dilem, dan mudah divernis atau dicat. Kayu yang dipilih harus padat dan keras (mutu kelas I), tahan rayap, sulit dinyalakan, dan aman jika terjadi kebakaran. Kayu merupakan bahan bangunan ekologis karena dapat dibudidayakan. Kayu yang digunakan terutama untuk sayap jendela harus kering *(kiln-dry)*.

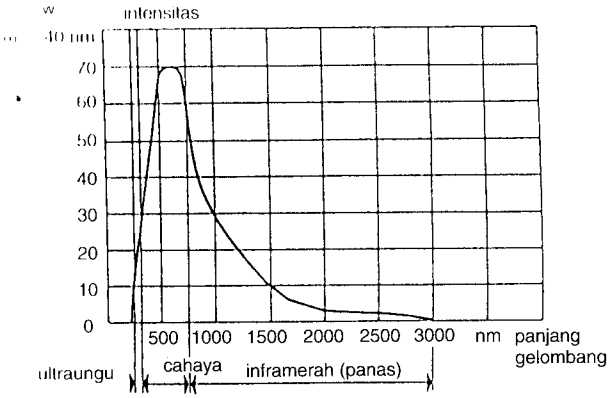
Beton[53] dapat digunakan sebagai bahan konstruksi kosen prakilang untuk jendela maupun pintu. Kosen beton prakilang menguntungkan terutama pada gedung umum karena kuat dan tahan terhadap rayap maupun kebakaran. Karena harga bahan bangunan beton cukup mahal kalau memperhatikan ongkos bekisting yang rumit, juga dapat dimengerti bahwa sistem ini hanya dapat diterapkan pada gedung besar dengan ukuran jendela yang telah distandardisasi.

Logam: Baja[54] berbentuk lipatan pelat baja merupakan bahan bangunan yang dapat digunakan untuk kosen maupun sayap jendela terutama pada gedung umum karena kuat dan tahan terhadap rayap maupun kebakaran.

Aluminium[55] terutama sebagai aluminium campur magnesium dan silisium (antikorodal) merupakan bahan logam untuk profil kosen maupun sayap jendela yang lebih mewah dari baja dan tahan karat.

[52] Bdk.: Frick, Heinz/Koesmartadi, Ch. *Ilmu bahan bangunan.* Yogyakarta: Kanisius, 1999. halaman 17-34
[53] *ibid.* halaman 100-107, 147
[54] *ibid.* halaman 114-119
[55] *ibid.* halaman 120-122

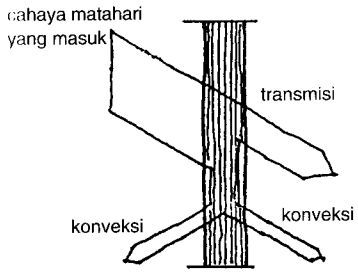
Kaca[56] sebagai pengisi sayap jendela atau lamel terkena energi cuaca hari dalam bentuk cahaya dan panas. Frekuensi cahaya (termasuk si-nar ultraungu) 280-770 nm, sedangkan frekuensi panas (termasuk in-framerah) 770-3'000 nm.



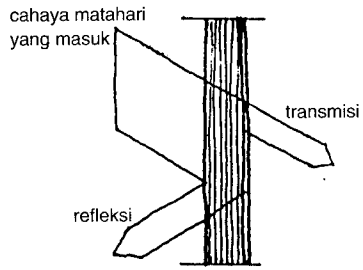
Sinar cahaya dan panas[57]

Kaca berfungsi sebagai perangkap panas karena frekuensi panas (gelombang pendek 700-3'000 nm) dapat tembus kaca dan memanasi gedung dalam. Tetapi bahan yang dipanasi akan berfrekuensi gelombang panjang (3'000-100'000 nm) yang tidak dapat tembus kaca lagi.

Guna menghindari tembus energi panas maka dapat digunakan kaca yang menyerap panas atau kaca yang memantulkan panas.



Kaca yang menyerap panas (yang umumnya berwarna) dapat menyerap 30-40% panas



Kaca yang memantulkan panas (yang umumnya berlapis-lapis) dapat memantulkan ± 40 % panas[58]

[56] Bdk.: Frick, Heinz/Koesmartadi, Ch. *op.cit.* halaman 124-128
[57] Bdk.: Gut/Ackerknecht. *Climate responsive building.* St. Gall. 1993. halaman 25
[58] Bdk.: Ortmanns, Günter. *Beschichtungen auf Flachglas.* Dalam majalah: Fassade-Façade 1/1996. halaman 11-16

Di samping dua sistem tersebut, terdapat juga sistem berkombinasi (kaca yang menyerap panas dan memantulkan panas) yang dapat menghindari sampai ± 75% panas masuk. Akan tetapi perlu diperhatikan bahwa segala kebijaksanaan ini akan juga mengurangi tembusnya cahaya sampai ± 45%. Hal ini berarti bahwa luas jendela harus ditambah menurut faktor tersebut.

Sifat-sifat kaca berhubungan dengan radiasi matahari[59]

Jenis kaca	sifat optikal			tembusan panas	tembusan cahaya
	pantulan	penyerapan	menerus-kan sinar		
kaca bening 3 mm kaca tuangan	7%	8%	85%	87%	90%
6 mm kaca terapung	8%	12%	80%	84%	87%
6 mm kaca bertulang	6%	31%	63%	71%	85%
kaca berwarna 3 mm hijau	6%	55%	39%	56%	49%
3 mm biru	6%	32%	62%	72%	31%
3 mm kuning sawo	6%	40%	52%	66%	58%
kaca berlapis penyerap/pantulan panas 6 mm kaca abu-abu	5%	51%	44%	60%	41%
6 mm biru-hijau	5%	75%	20%	43%	48%
6 mm hijau	6%	49%	45%	60%	75%
6 mm perunggu	5%	51%	44%	60%	50%
kaca berlapis emas memantulkan panas berlapis tebal	47%	42%	11%	25%	20%
berlapis sedang	33%	42%	25%	41%	38%
berlapis tipis	21%	43%	36%	63%	63%

[59] Ken Yeang. *The skyscraper bioclimatically considered.* London 1996. halaman 170-171

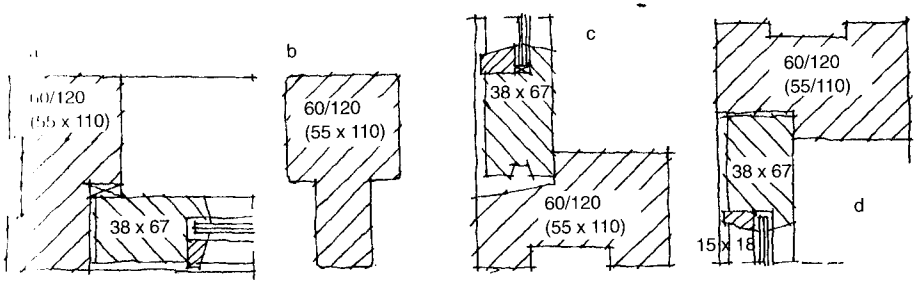
kaca dipasarkan berdasarkan tebalnya sebagai tabel berikut.

tebal		Keterangan
tebal tunggal	0.8 mm – 1.8 mm	Lab dan kaca berukuran kecil
tebal ganda	1.8 mm – 4 mm	Jendela biasa dan lain-lain
tebal rangkap	5 mm – 7 mm	Etalase dan jendela besar

Dempul minyak lena[60] yang dapat dibuat dengan mengaduk minyak lena matang, minyak pinus *(turpentine oil)* dengan tepung kalsit. Dempul minyak lena dapat digunakan sebagai bahan penyegel antara kaca dan bingkai sayap jendela kayu sehingga kedap air hujan, serta kayu tidak membusuk dibawah bilah penahan kaca.

0 1.3 Kosen jendela

Kosen dari kayu berfungsi sebagai rangka pemegang sayap jendela di mana sayap tersebut melekat dengan engsel yang letaknya dapat berada di sebelah kanan, kiri, atau di bagian atas maupun bawah menurut kebutuhan. Ukuran kayu untuk kosen ditentukan oleh peraturan bangunan nasional dan selain itu juga dari segi estetika. Tinggi minimal kosen jendela ialah 50 cm, lebar kosen disesuaikan dengan tebal konstruksi tembok. Untuk kosen jendela lazim digunakan kayu mutu kelas I atau II yang berukuran 5×12 cm (4.5×11 cm), 6×12 cm (5.5×11 cm), atau 6×15 cm (5.5×13.5 cm, jika diketam).

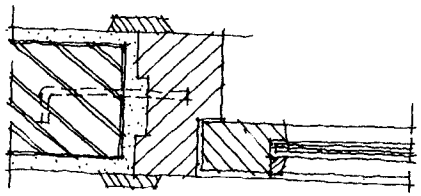


Contoh profil kayu untuk kosen jendela berukuran 6×15 cm (mentah):
a) ambang tegak; b) ambang tengah; c) ambang bawah; d) ambang atas

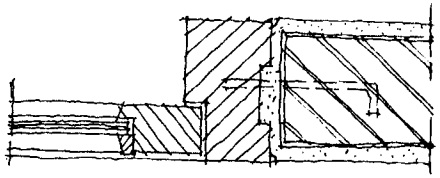
Pengikatan kosen kayu pada tembok dilakukan dengan 2 angkur baja tulangan ø 12 mm (½") dengan panjang 25 cm yang ditanam pada ambang tegak dan dengan sponing kapur yang diisi mortar pada waktu

[60] Bdk.: Frick, Heinz/Koesmartadi, Ch. *op.cit.* halaman 173-175

menaikkan tembok (kecuali pada ambang tengah). Karena penyusutan kosen kayu berbeda dengan dinding batu bata, maka sambungan perlu ditutup dengan les atau berbentuk celah terbuka, sehingga retakan tidak akan merusak ujung plesteran dinding.



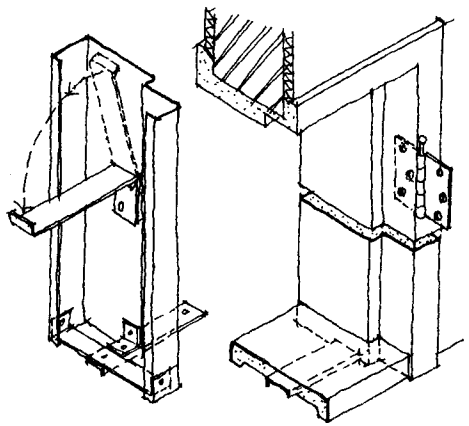
Pemasangan kosen pada tembok dengan angkur dan les penutup



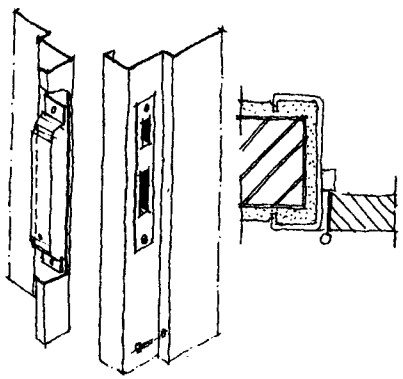
Pemasangan kosen pada tembok dengan angkur dan celah terbuka

Ambang bawah bagian luar pada kosen jendela selalu dibuat miring sehingga air hujan dapat mengalir ke bawah. Sebaiknya juga ambang jendela menonjol dari permukaan dinding sehingga di bagian bawah ambang dapat dilengkapi tali air (alur pengenyah air). Demikian air hujan jatuh ke bawah dan tidak dapat diisap oleh permukaan dinding.

Kosen dari pelat baja yang dilipat biasanya dibuat dari profil khusus dari baja pelat yang dicanai setebal >1 mm atau dapat dibuat dari profil kanal ⊏ 125×50×20×2.3 mm dengan besi strip 8×14 mm sebagai penahan sayap jendela atau daun pintu. Profil pelat baja pada sudut-sudut dipotong 45°, kemudian dilas dan diratakan. Kosen jendela pelat baja atau besi profil kanal ⊏ tersebut perlu diolah terhadap karatan.



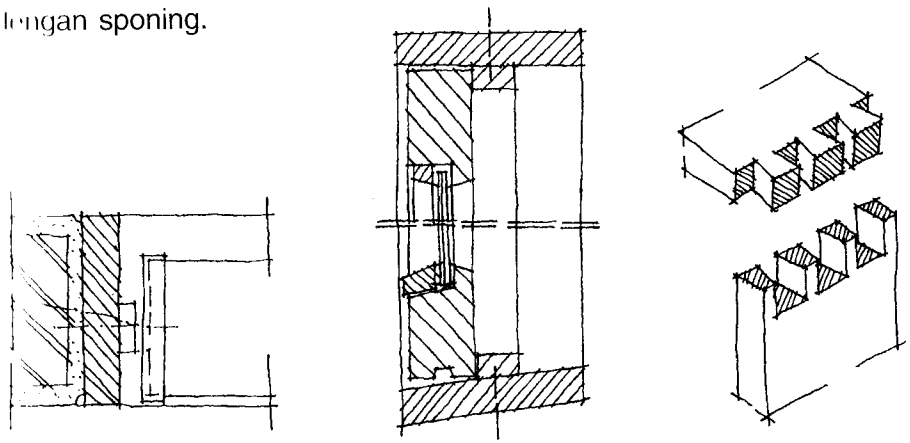
Kosen jendela dari pelat baja dengan profil khusus sistem angkur pada tembok, pemasangan engsel dan lubang kunci (mirip juga untuk kosen pintu)



Profil kosen yang dibuat dari profil kanal ⊏ dengan strip penahan

kosen profil pelat baja ini dapat dipasang seperti kosen kayu pada tembok dan kemudian batu merah atau batako/conblock dari dinding disesuaikan dengan mortar ke dalam profil baja. Pada setiap ambang pojok dibuatkan tiga angkur besi strip (seperti terlihat pada gambar di atas) yang dapat dilipat dan dimasukkan ke dalam siar tembok. Kemungkinan lain adalah pemasangan kosen profil pelat baja ke dalam lubang pada dinding yang siap (kosen ini tidak didirikan sebelum dinding dipasang) di mana kosen dapat dijepit dalam lubang dinding dengan menggunakan angkur besi strip. Sesudah kosen pelat baja terpasang, celah diisi rapat dengan mortar. Akhirnya, cat antikorosi pada kosen perlu diperbaiki sebelum dicat lagi dengan warna yang dikehendaki.

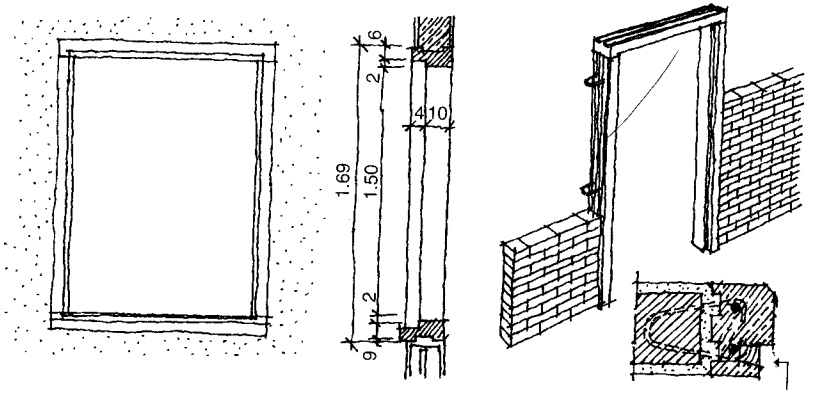
Kosen tiruan dibuat dari papan kayu setebal 30 mm (27 mm sesudah sisi luar diketam) dengan lebar yang disesuaikan dengan tebal tembok. Sudut sudut papan kosen disambung dengan ekor burung. Pemasangan kosen tiruan dilakukan ke dalam lubang pada dinding yang siap (kosen ini tidak didirikan sebelum dinding dipasang) di mana kosen dapat diikat dengan sekrup dan pasak nilon. Kemudian sayap jendela atau daun pintu dapat dipasang dengan engselnya sampai cocok dengan kosen tiruan. Sesudah itu bilah penahan 12×30 mm dipaku rapat pada sayap jendela. Dengan begitu bilah penahan sekaligus menutup kepala sekrup, dan kosen tiruan memberi kesan seperti kosen biasa dengan sponing.



Kosen tiruan dari papan kayu dengan jendela sayap dan jendela lamel

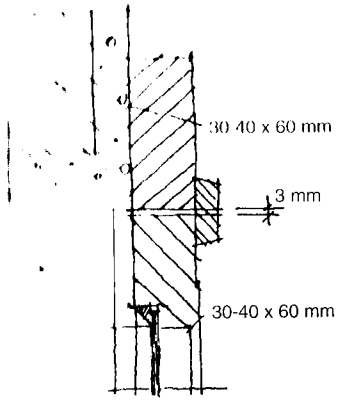
Kosen beton prakilang menguntungkan terutama pada gedung umum karena kuat dan tahan terhadap rayap maupun kebakaran. Tebal kosen adalah 80 mm dan lebar 140 mm (sesuai dengan dinding batu merah yang diplester). Kosen beton prakilang terdiri dari dua ambang te-

gak, ambang bawah maupun atas yang akan disambung langsung pada tempatnya. Berat ambang menjadi ± 20 kg/m. Supaya beton padat dan permukaannya licin, dibutuhkan bekisting baja yang dapat digetar. Semua elemen kosen beton prakilang dilengkapi dengan dua baja tulangan ∅ 4-6 mm, sehingga tidak akan retak pada waktu pengangkutan dan pemasangan. Jika ambang atas dilengkapi dengan dua baja tulangan ∅ 10-12 mm, maka dapat digunakan langsung sebagai balok latei juga. Ambang bawah sebaiknya menonjol ± 30 mm dari permukaan dinding sehingga di bagian bawah ambang dapat dilengkapi tali air (alur pengenyah air). Demikian air hujan jatuh ke bawah dan tidak dapat diisap oleh permukaan dinding. Ambang tegak masing-masing dilengkapi dua pasak kayu untuk menyekrup engsel, menyediakan lubang kunci, dan sebagainya (pada ambang tegak yang tinggi, misalnya untuk pintu, diadakan 3 pasak) dan 2-3 angkur baja tulangan yang sekaligus berfungsi sebagai pegangan angkat.



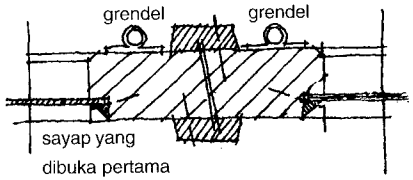
Potongan dan isometri kosen beton prakilang

Konstruksi jendela tanpa kosen merupakan konstruksi yang masih jarang digunakan di Indonesia, walaupun di luar negeri menjadi konstruksi biasa karena menghemat biaya bangunan. Konstruksi jendela tanpa kosen berarti bingkai jendela dipasang langsung pada ujung lubang dinding yang disediakan. Bagian kiri-kanan dan balok latei diplester rata dan halus, sedangkan bagian ambang bawah dibuat dari beton (lihat kosen beton prakilang) atau dari pelat baja dilipat khusus dari baja pelat yang dicanai setebal >1 mm atau dapat dibuat dari aluminium juga. Permukaan atasnya harus miring >10% sehingga air hujan dapat mengalir ke bawah. Ambang bawah sebaiknya menonjol ± 30 mm dari permukaan dinding sehingga air hujan jatuh ke bawah dan tidak dapat diisap oleh permukaan dinding.

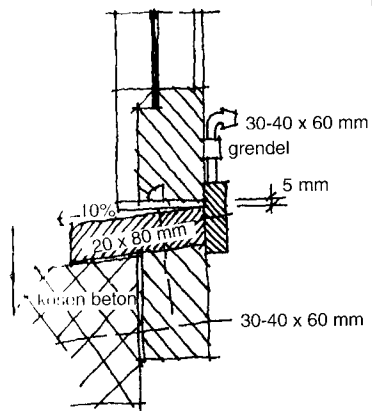


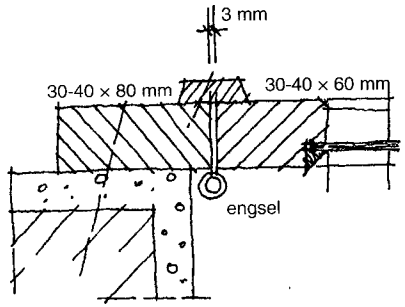
Konstruksi jendela tanpa kosen:
Potongan vertikal pada balok latei

Denah sambungan tengah sayap ganda



Denah pada ujung dinding samping

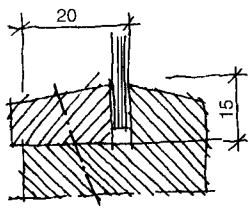




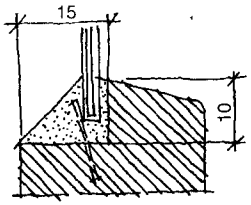
Potongan vertikal pada ambang jendela

9.1.4 Konstruksi bingkai jendela dari kayu

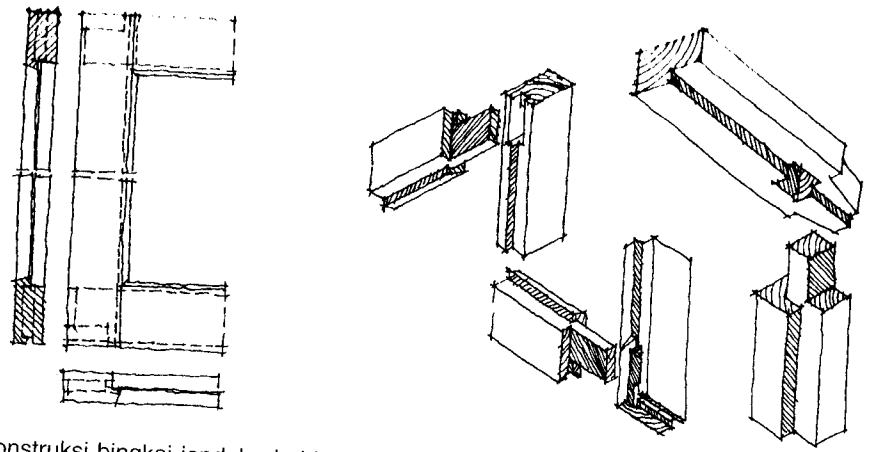
Ukuran kayu minimal pada bingkai sayap jendela seharusnya 30×60 mm – 40×80 mm sesuai dengan ukuran sayap. Lebar sayap bukanya jangan melebihi 50-60 cm. Lihat gambar konstruksi jendela tanpa kosen di sebelah atas. Pemasangan kaca dengan dempul minyak lena membutuhkan sponing sebesar 10×15 mm, sedangkan bilah penahan (15×18 mm) menuntut sponing 15×20 mm untuk kaca ± 3 mm tebal.



Pemasangan kaca pada sayap dengan menggunakan bilah penahan (akan membusuk dalam waktu singkat)



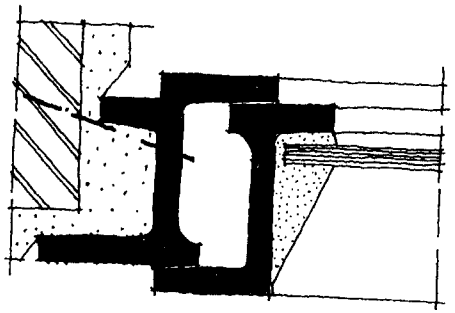
Pemasangan kaca pada sayap dengan menggunakan dempul minyak lena (lihat halaman 79)



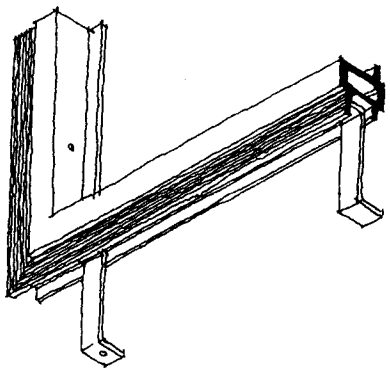
Konstruksi bingkai jendela dari kayu, pandangan dan isometri kayu-kayuan

9.1.5 Konstruksi jendela logam

Konstruksi jendela logam dari profil baja merupakan konstruksi yang sangat sederhana karena profil-profil baja yang dibutuhkan dapat disambung las dengan mudah. Biasanya konstruksi jendela ini adalah jendela tanpa kosen seperti telah diuraikan. Sayangnya profil-profil yang dibutuhkan sulit sekali terdapat di Indonesia.



Profil baja untuk bingkai jendela dan bingkai sayap untuk konstruksi jendela profil baja yang membuka ke luar

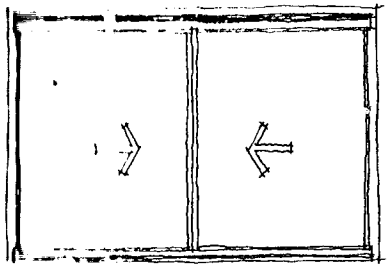


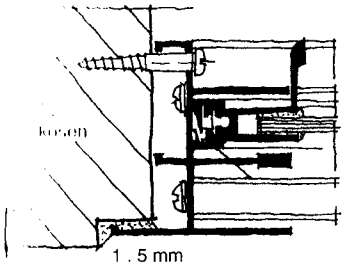
Isometri jendela konstruksi baja: Sudut bawah dengan angkur penyetel

Konstruksi jendela logam yang dibuat dari aluminium merupakán sistem teknologi tinggi. Oleh karena itu, jendela-jendela dari aluminium biasanya diproduksi oleh perusahaan yang mengkhususkan diri pada konstruksi tersebut. Biasanya konstruksi jendela ini adalah jendela tanpa kosen seperti telah diuraikan.

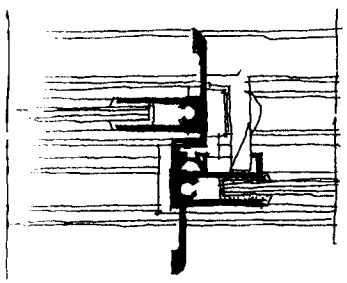
Jendela dengan sayap sorong horizontal berkonstruksi dari aluminium (tanpa kosen)

Pandangan

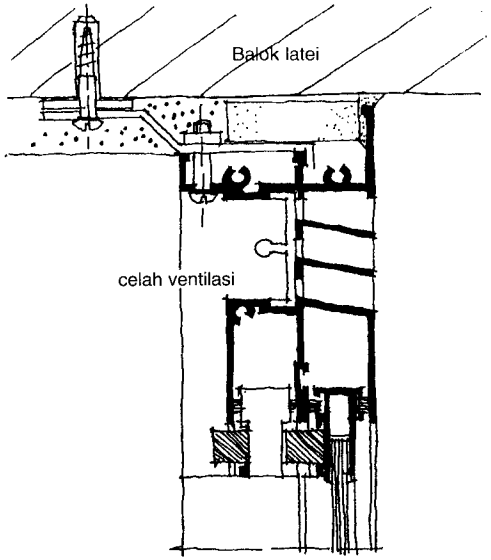


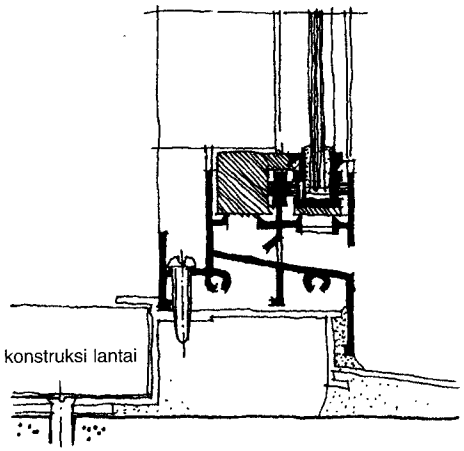


Denah pada ujung dinding samping



Denah sambungan tengah sorongan



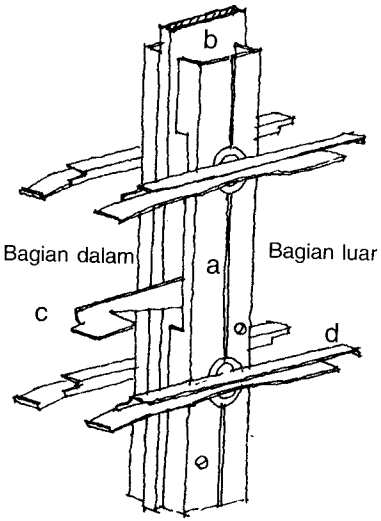


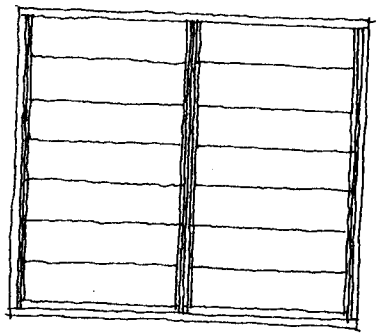
Potongan vertikal jendela sorong

9.1.6 Konstruksi jendela lamel dan jendela krepyak

Jendela lamel (naco) merupakan jendela yang memungkinkan pengaturan udara bergerak dalam ruang yang sangat teliti, terutama jika jendela tersebut berbentuk sempit (tidak lebar) dan tinggi, serta terletak di sudut ruang yang berlawanan. Kemudian konstruksi jendela

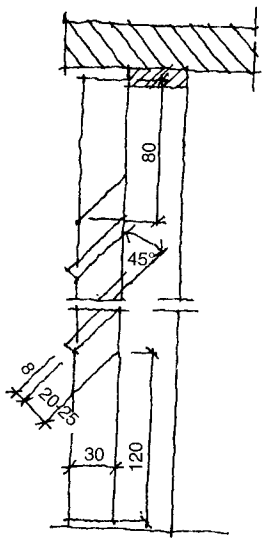
lamel agak murah dalam harga, walaupun dari segi keamanan kurang memuaskan (mudah diserang maling). Jendela lamel dapat digunakan pada semua jenis kosen yang telah diuraikan, asalkan tinggi bersihnya adalah perlipatan dari 141 mm, dan lebarnya < 70 cm.

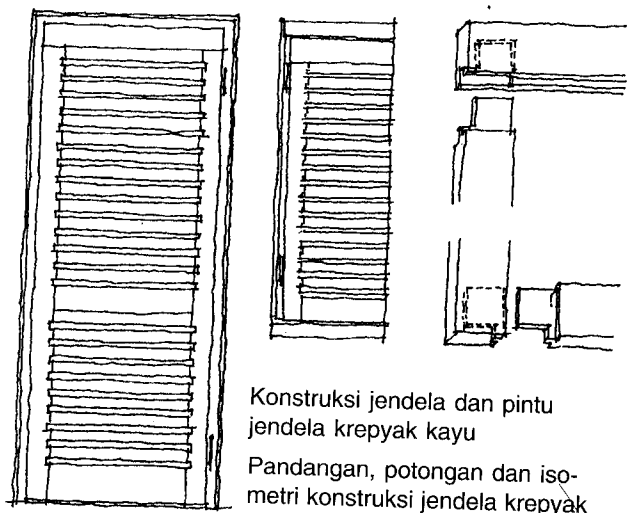




Konstruksi jendela lamel (naco)
a) jenang jendela 45x15 mm
b) ambang tengah kosen tiruan
c) pegangan mengunci
d) pemegang lamel kaca 6 mm

Jendela krepyak biasanya dipasang pada (di luar) jendela kaca atau bingkai kawat nyamuk sebagai pelindung terhadap hujan, panas terik matahari, maling, dan sebagainya. Jendela krepyak biasanya dibuat dari kayu yang menuntut konstuksi jendela yang membuka ke dalam.





Konstruksi jendela dan pintu jendela krepyak kayu

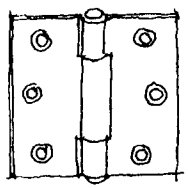
Pandangan, potongan dan isometri konstruksi jendela krepyak

Konstruksi jendela krepyak dari kayu harus dibuat sedemikian rupa sehingga air tidak dapat merembes ke dalam pori-pori kayu terbuka pada ujung bingkai kayu yang vertikal. Hal ini dapat dicapai dengan menyusun bingkai horizontal atas dari kayu terusan. Purus dan sponing dibuat pada bingkai yang tegak seperti terlihat pada gambar isometri pada halaman sebelumnya.

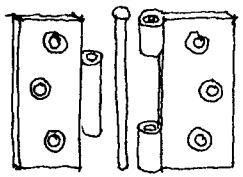
6.1.6 Perlengkapan jendela

Perlengkapan jendela seperti engsel, pengatur pembukaan, atau penutup harus memenuhi beberapa prasyarat. Perlengkapan tersebut dapat dibuat dari logam yang tidak berkarat, logam yang diolah terhadap karat, atau dari bahan sintetik seperti seluloseasetat (CA), atau selulosasetubutirat (CAB). Perlengkapan jendela harus tahan terhadap gerak putar yang sering terjadi dan terhadap maling. Perlengkapan jendela membagi beban (bobot, tekanan angin) kepada bingkai sayap secara merata dan oleh karena itu tidak mengizinkan banyak potongan (takikan, sponing, dan sebagainya) yang melemahkan profil kayu.

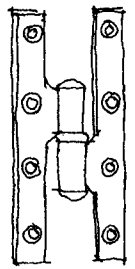
Engsel merupakan alat penggantung atau pelipat pada jendela. Engsel dibagi atas tiga golongan, yaitu engsel pasak mati, engsel pasak lepas, dan engsel kupu-kupu.



Engsel pasak mati 3 ruas



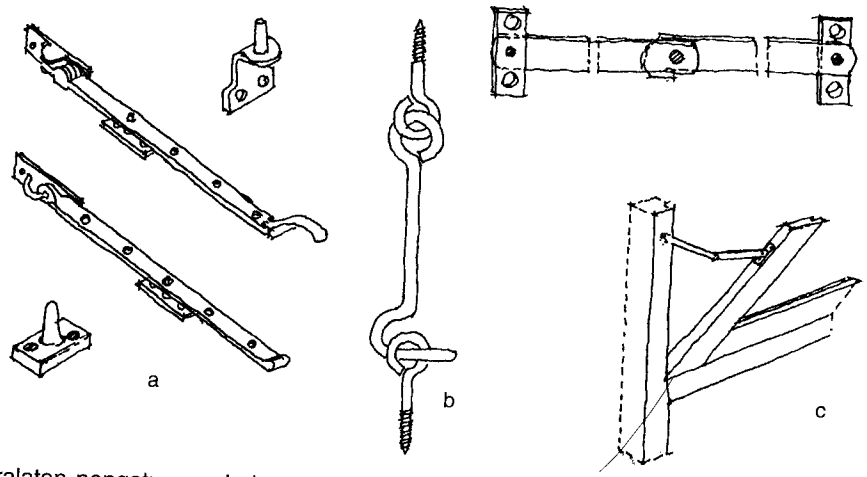
Engsel pasak lepas



Engsel kupu-kupu (pomel)

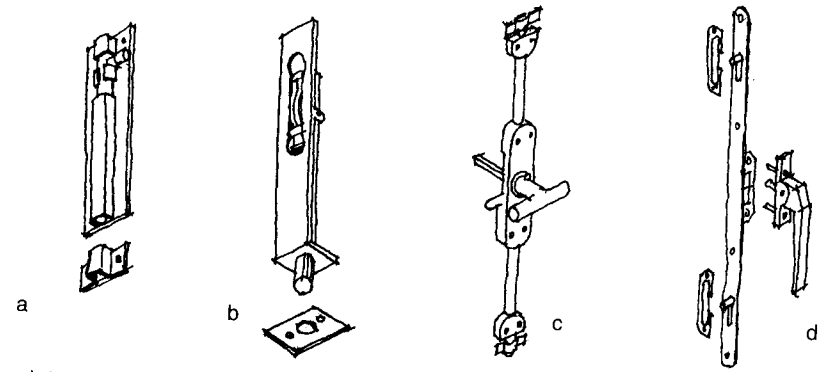
Masing-masing engsel memiliki keuntungan dan kerugian tertentu. Engsel pasak mati kalau ingin dilepas sayap jendela, harus dalam keadaan sayap terbuka melepaskan sekrup pada engsel (aman terhadap maling); engsel pasak lepas berdasarkan pertimbangan tersebut hanya dapat digunakan jika sayap jendela buka ke dalam (supaya dari luar tidak dapat dicabut, pasak dan sayap jendela dilepas saja); serta engsel kupu-kupu di mana sayap jendela harus diangkut dalam keadaan terbuka (aman dalam keadaan tertutup), akan tetapi memiliki kelemahan bahwa engsel kiri dan kanan berbeda dan tidak dapat dimanfaatkan untuk jendela jatuh atau gantung.

Peralatan pengatur pembukaan jendela berfungsi sebagai penyetel dan pengait pada jendela sehingga dalam keadaan terbuka jendela tetap aman terhadap angin dan menjamin penghawaan ruang. Sebagai peralatan pengatur pembukaan jendela dapat digunakan batang penyetel, pengait, atau engsel gunting lipat 12-15 cm (khususnya pada jendela jatuh dan jendela gantung).



Peralatan pengatur pembukaan jendela
a) peralatan batang penyetel; b) pengait biasa; c) engsel gunting lipat

Alat penutup digunakan untuk mengunci jendela dalam keadaan tertutup. Pada jendela sederhana digunakan berbagai macam gerendel. Jendela yang agak besar, yang rangkap dua, atau jendela pada bangunan mewah biasanya dilengkapi dengan kunci palang jendela dengan batang dan pegangan atau gerendel pengungkit tertanam sebagai alat penutup jendela.



Peralatan penutup jendela: a) gerendel biasa; b) gerendel tertanam; c) kunci palang jendela dengan batang dan pegangan; d) gerendel pengungkit tertanam

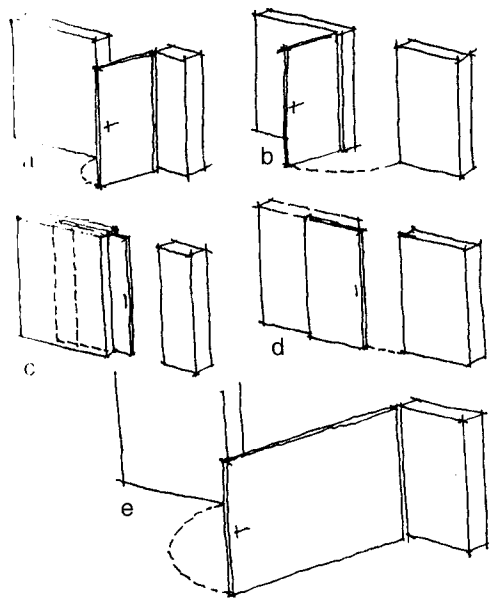
4.2 Konstruksi pintu

4.2.1 Pengertian dan fungsi pintu

Arti dan guna pintu

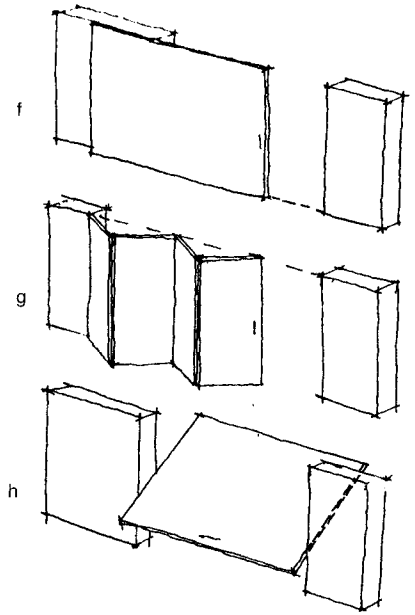
Pintu, seperti jendela, membuka atau menutup lubang dalam dinding gedung. Pintu melambangkan pengalihan, lubang pada batasan ruang, dan memungkinkan melewati batasan tersebut juga. Supaya penghuni selalu mengindahkan batasan ruang yang dilewati, maka secara tradisional digunakan pintu yang rendah, sehingga orang harus menundukkan kepala atau ambang bawah yang tinggi untuk mengatasi halangan tersebut. Konstruksi pintu yang tradisional ialah pintu sorong yang tergantung. Pintu sorong melambangkan hubungan waspada dengan dunia fisik maupun dunia metafisik dan mencerminkan keseimbangan manusia dengan ruangnya. Pintu sorong tidak mungkin memukul seseorang atau roh-roh rumah dengan daun pintu, walaupun tidak dengan sengaja, seperti juga pintu sorong tidak dapat membuka dengan keras dan secara tiba-tiba.[61]

Pintu dapat dibagi menurut pembukaan dan ukuran sebagai berikut:



a) Pintu yang membuka ke kanan (engsel kanan, kunci kiri)
b) Pintu yang membuka ke kiri (engsel kiri, kunci kanan)
c) Pintu sorong di depan dinding
d) Pintu sorong tersembunyi
e) Pintu gerbang yang membuka ke kanan (engsel kanan, dan kunci kiri)

[61] Bdk.: Frick, Heinz. *Pola struktural dan teknik bangunan di Indonesia*. Yogyakarta: Kanisius, 1997. halaman 190



f) Pintu gerbang sorong

g) Pintu lipat

h) Pintu singkap[62]

9.2.2 Prinsip konstruksi dan bahan bangunan untuk pintu

Prinsip konstruksi dan bahan bangunan untuk pintu tidak banyak berbeda dengan prinsip konstruksi dan bahan bangunan untuk jendela (lihat halaman 76-78 di depan).

Bahan bangunan untuk kosen dan daun pintu

Berdasarkan kenyataan tersebut di atas, di sini hanya akan diuraikan bahan bangunan yang belum dibicarakan pada bagian jendela.

Kayu lapis[63] adalah papan/panel buatan yang terdiri dari susunan beberapa lapisan vinir yang mempunyai arah serat bersilangan tegak lurus dengan diikat oleh perekat tertentu, serta jumlah lapisan harus ganjil. Kayu lapis yang terdiri dari 3 lapis vinir — yang dilekatkan dengan lem, serat-serat kayunya bersilangan, lapis atas dan bawah seratnya searah — dinamakan tripleks, sedangkan yang terdiri dari 5 atau lebih banyak lapisan dinamakan multipleks. Ukuran tebal yang diperdagangkan adalah: tripleks 4, 6 mm, multipleks 9, 12, 15 mm (5 lapisan vinir), serta 18, 24 mm (7 lapisan vinir) dengan luas 2'440x1'220 mm.

[62] Gambar cara pembukaan pintu masing-masing berdasarkan: Frick, Heinz. *Konstruktionslehre für Zimmerleute.* Richterswil 1994. halaman 8.9

[63] Bdk.: Frick, Heinz/Koesmartadi, Ch. *op.cit.* halaman 38-41

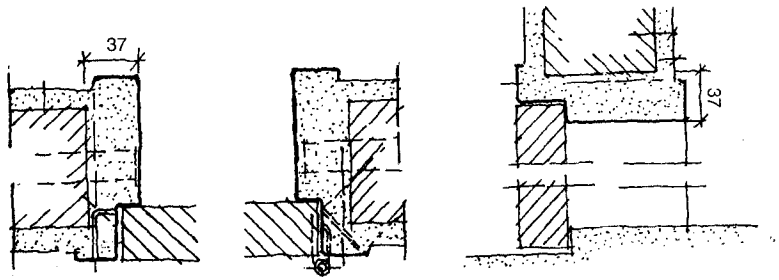
Dalam kayu lapis tersebut, ada pula produksi papan blok atau papan lamin, yaitu kayu lapis dengan inti dari kayu gergajian *(blockboard)* atau vinir tebal yang berdiri tegak lurus *(laminboard)* dengan lapisan vinir muka dan belakang bersilang setebal ± 1.5 mm.

9.2.3 Kosen pintu

Konstruksi kosen dari kayu untuk pintu sebenarnya tidak berbeda dengan konstruksi kosen dari kayu untuk jendela yang telah diuraikan. Atas dasar penentuan itu, hanya perlu diperhatikan hal-hal yang berbeda dengan kosen jendela, yaitu persoalan ambang pintu dan umpak (kaki ambang tegak) yang biasanya dibuat dari beton.

Umpak pada kaki ambang tegak menjadi landasan untuk kosen kayu yang menghindari naiknya kelembapan dari bawah dan mengakibatkan lapuknya kayu. Umpak tersebut dibuat dengan ukuran mirip kosen dan tingginya 12-20 cm (sesuai dengan pelat ubin lantai yang terpasang sebagai les lantai *base board*). Di ujung bawah diberi duri baja *(dook)* ∅ 10-12 mm sebagai angkur yang menjaga agar ujung kaki kosen tidak memuntir.

Konstruksi kosen dari pelat baja yang dilipat untuk pintu tidak berbeda dengan konstruksi kosen untuk jendela karena konstruksi tidak akan melapuk. Sebagai ambang bawah digunakan besi siku sebagai penjarak atau penentu beda tinggi lantai (misalnya pada kamar mandi).



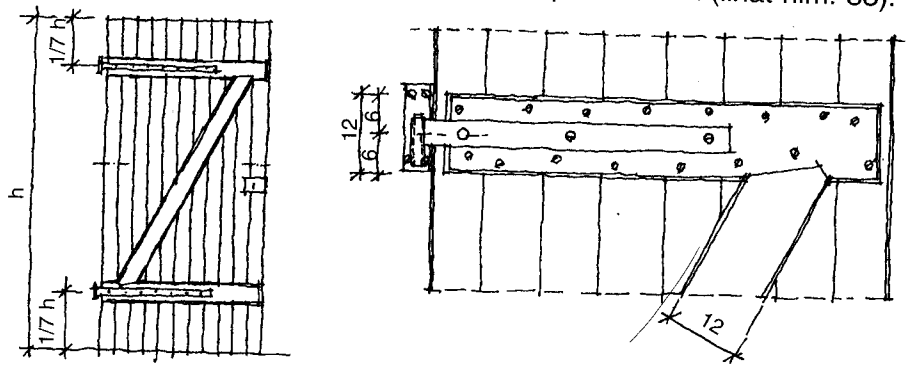
Kosen pelat baja yang dilipat, potongan ambang tegak dan ambang pintu

Konstruksi kosen tiruan untuk pintu sebenarnya tidak berbeda dengan konstruksi kosen untuk jendela. Karena dipasang sesudah lantai ubin dan sebagainya selesai, maka umpak dapat ditiadakan.

Konstruksi kosen beton prakilang untuk pintu sama sekali mirip dengan konstruksi kosen untuk jendela karena konstruksi tidak akan melapuk.

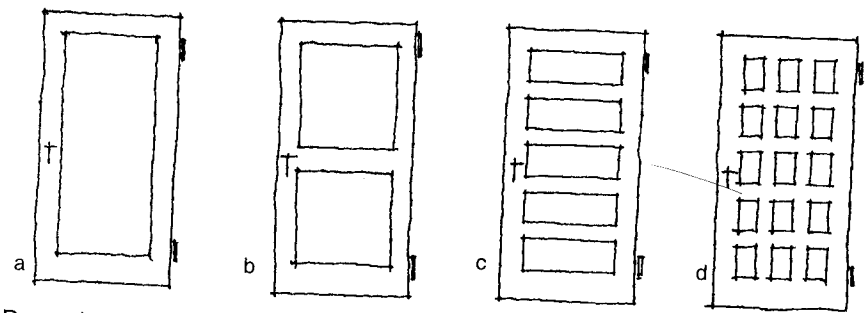
9.2.4 Konstruksi pintu dari kayu

Daun pintu papan merupakan konstruksi pintu dari kayu yang paling sederhana dibuat dari papan tebal 18-24 mm. Papan-papan daun pintu disambung tumpul atau beralur-lidah. Papan tersebut diketam, kemudian dipasang papan berkelam kura-kura 28x120 mm. Kelam diagonal disambung dengan gigi tunggal pada papan kura-kura dan dengan sekrup pada daun pintu. Engsel pasak atau engsel T ditempatkan di tengah papan kura-kura. Pintu papan dipasang biasanya pada konstruksi bingkai pintu dari kayu, bukan pada kosen (lihat hlm. 83).

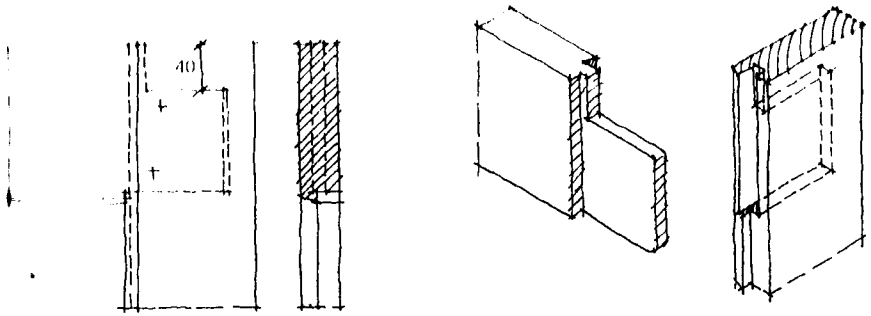


Daun pintu papan dengan detail papan kura-kura dan engsel pasak

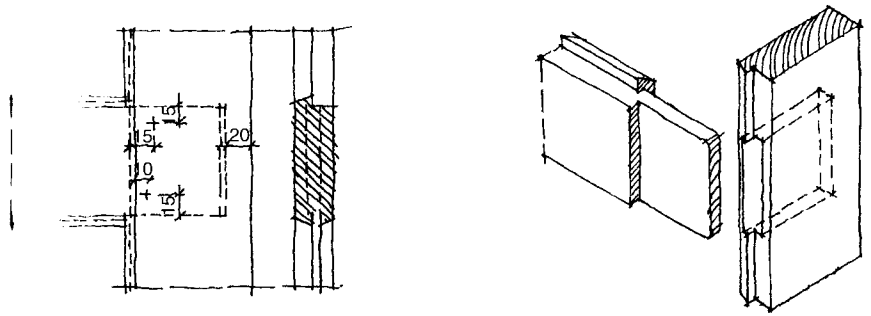
Daun pintu panel merupakan konstruksi pintu yang terdiri dari bingkai yang disambung dengan purus dan lubang. Panel dapat dibuat dari kayu masif, kayu lapis, maupun dari kaca. Panel kayu diisi dalam alur, sedangkan kaca menggunakan bilah penahan. Untuk bingkai pintu panel sebaiknya digunakan kayu berukuran 36x120 mm, dan untuk bingkai bawah 36x150 mm. Panel kayu masif dipilih yang tebalnya 18-24 mm, dan kayu lapis 6-12 mm.



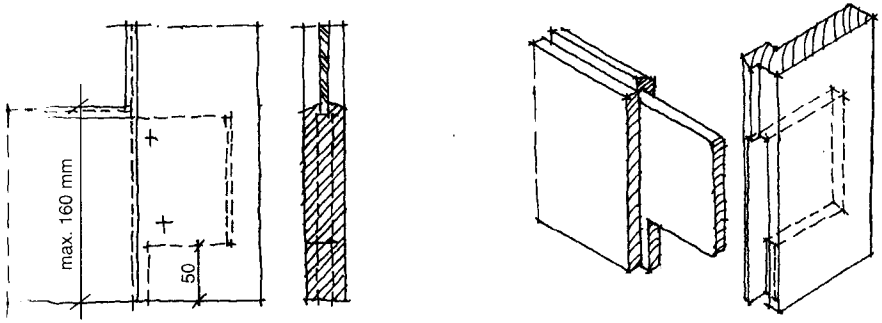
Daun pintu panel: a) daun pintu berpanel tunggal; b) daun pintu dengan dua panel; c) daun pintu berpanel banyak; d) daun pintu berpanel kotak



...mbungan bingkai atas pintu panel (dengan bilah penahan untuk kaca)



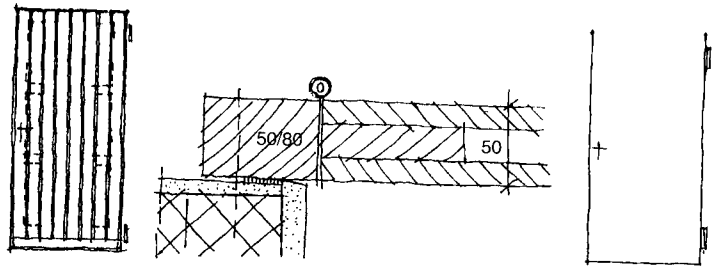
...mbungan bingkai tengah pintu panel



...ambungan bingkai bawah pintu panel (dengan alur untuk panel kayu lapis yang ...kan dilem di dalamnya sehingga daun pintu tidak akan turun)

Daun pintu berlapis merupakan konstruksi pintu panel dengan lapisan dari papan atau kayu lapis pada kedua belah sisi, yang mengganti panel. Bingkai daun pintu sebaiknya dipilih konstruksi pintu berpanel tiga. Dengan lapisan papan beralur-lidah yang vertikal, daun pintu rumah tahan terhadap cuaca dan maling. Dengan lapisan kayu lapis dapat dihasilkan daun pintu kamar dalam rumah yang sederhana.

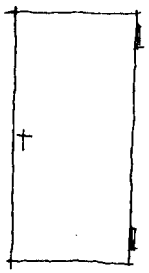
Agar daun pintu tidak mengembang akibat suhu atau kelembapan yang berbeda, maka lapisan dari papan atau kayu lapis sebelah-menyebelah daun pintu selalu harus sama.



Daun pintu berlapis dengan papan vertikal dan dengan kayu lapis

Daun pintu berlapis dengan kayu lapis sering juga disamakan dengan daun pintu permukaan datar, akan tetapi, dilihat dari sisi konstruksi bingkai yang menggunakan purus dan lubang, merupakan hal yang berlainan.

Daun pintu dengan permukaan datar merupakan konstruksi yang dapat dibagi atas dua jenis, yaitu daun pintu masif yang dibuat dari satu pelat kayu lapis, papan blok *(blockboard)*, papan lamin *(laminboard)*, serta papan partikel *(chipboard)* setebal 36-45 mm, atau daun pintu ringan (hampa) yang dibuat dari dua lapisan tripleks setebal 4 mm dengan bingkai sederhana yang diisi kardus sarang lebah.



Daun pintu dengan permukaan datar

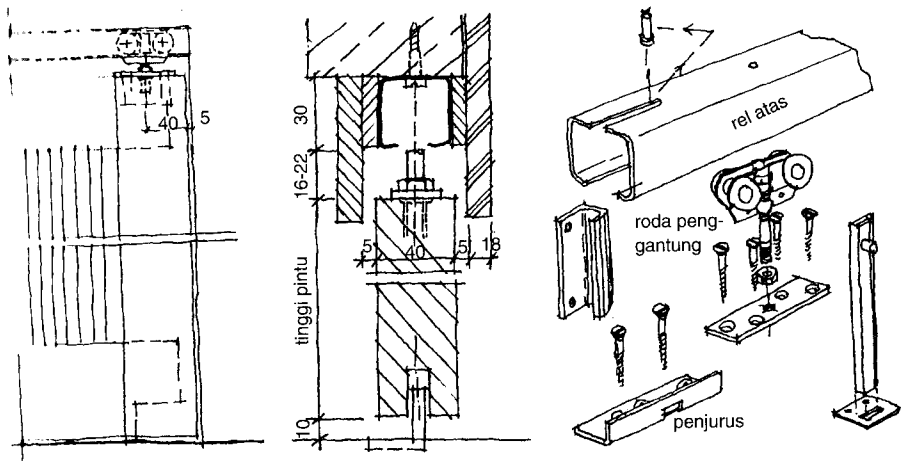
Daun pintu masif dengan les pinggir tertanam (kiri), dan les pinggir tambahan yang dilem (kanan).

Daun pintu ringan (hampa)

Konstruksi pintu sorong merupakan konstruksi pintu yang memiliki keuntungan menghemat tempat pada keadaan pintu dibuka. Akan tetapi keuntungan tersebut menghasilkan juga kekurangan bahwa pintu sorong menutup kurang rapat dan perlengkapan menjadi lebih mahal dan rumit dalam pemeliharaan.

Pada prinsipnya, terdapat dua cara konstruksi, yaitu pintu sorong yang bergantung dan pintu sorong yang berdiri (biasanya digunakan untuk pintu pagar sorong yang agak lebar). Dalam buku ini diperhatikan konstruksi pintu sorong yang bergantung saja.

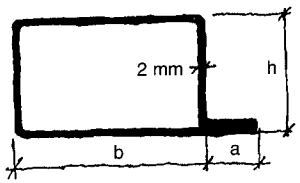
Konstruksi pintu sorong yang bergantung terdiri dari daun pintu yang tidak menerima gaya tarik (pada engsel atas) dan gaya tekan (pada engsel bawah) seperti daun pintu biasa, dan karena itu pengembangan maupun penyusutan kayu tidak mengganggu fungsinya. Sebagai perlengkapan dibutuhkan rel (sebaiknya jenis yang sentripetal di atas daun pintu), minimal 2 pasang roda penggantung (masing-masing minat 0.3-0.5 kN), dan penjurus (besi berbentuk ⊥) yang terletak pada bagian ujung dinding yang menutup pintu dalam keadaan terbuka dan yang masuk alur di bawah daun pintu, serta kunci dan les penahan.



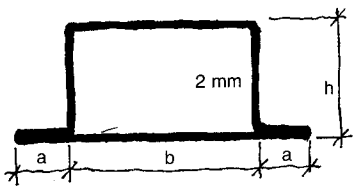
Konstruksi pintu sorong yang bergantung dengan daun pintu berkisi-kisi

9.2.5 Konstruksi pintu dari logam

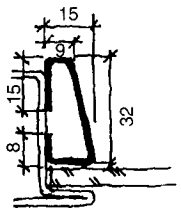
Konstruksi pintu dari logam secara konstruktif tidak berbeda dengan jendela, dibuat secara sederhana dari profil baja atau profil khusus dari aluminium. Sayangnya, profil-profil khusus yang dibutuhkan sulit sekali terdapat di Indonesia.



Profil bingkai daun pintu
h = 34 atau 40 mm
a = 15 atau 20 mm
b = 50 atau 80 mm

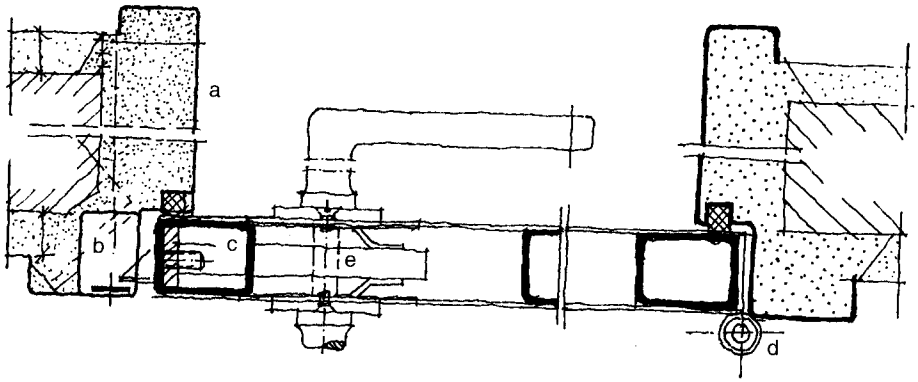


Profil pembagi bingkai
h = 34 atau 40 mm
a = 15 atau 20 mm
b = 40, 50, atau 70 mm

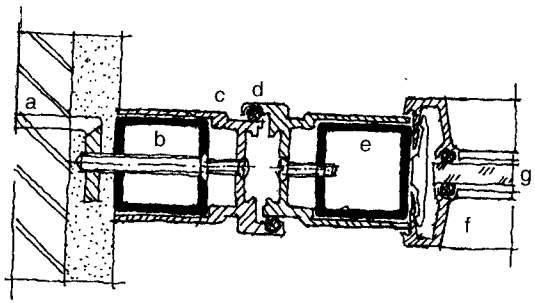


Bilah penahan kaca

Konstruksi pintu dari profil baja atau aluminium dipilih jika ukuran pintu agak besar, dan pintu tersebut harus tahan kebakaran maupun maling. Sambungan bingkai pintu dengan dinding harus diperhatikan dengan saksama, karena di situ mudah berkarat.

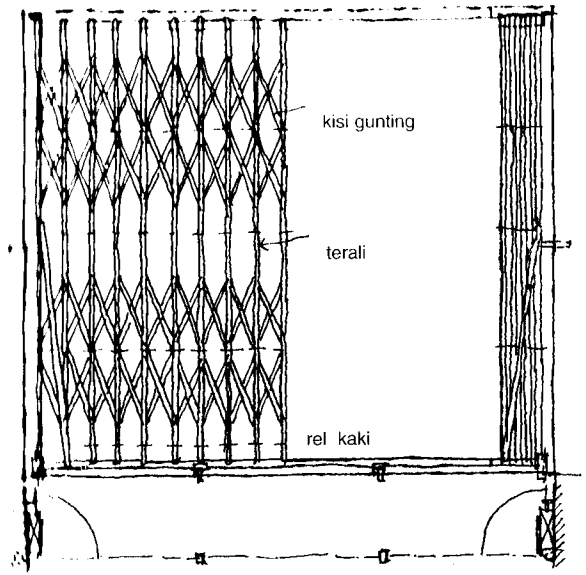


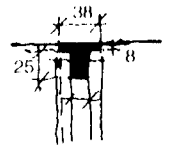
Konstruksi pintu dari profil baja persegi pada kosen dari pelat baja yang dilipat.
a) kosen dari pelat baja yang dilipat; b) kotak pengunci; c) bingkai daun pintu dari profil baja □; d) engsel pasak lepas 5 ruas; e) kunci pintu lengkap



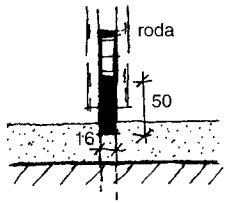
Konstruksi pintu dari profil aluminium dengan inti dari profil baja persegi.
a) angkur; b) bingkai inti pintu dari profil baja □; c) profil khusus penutup dari aluminium; d) tali karet; e) bingkai inti daun pintu dari profil baja □; f) bilah penahan kaca dari aluminium; g) kaca

Pintu terali harmonika *(collapsible shutter)* merupakan terali pengaman yang dapat dilipat. Pintu terali harmonika ini biasanya digunakan sebagai perlengkapan pengaman di luar pintu toko, gudang, dan sebagainya. Pintu terali tersebut menjamin pengudaraan dan, selain dilumasi, pemeliharaan yang dibutuhkan sedikit saja. Pintu terali harmonika sering juga dilapisi strip seng berengsel *(folding gate)* sehingga tidak tembus pandang dalam keadaan tertutup, misalnya sebagai pintu garasi, gudang, dan sebagainya.





Potongan rel pada ujung atas pintu terali harmonika



Potongan rel pada ujung kaki pintu terali harmonika

Pintu terali harmonika *(collapsible shutter)*
Pandangan dan denah

9.2.6 Perlengkapan pintu

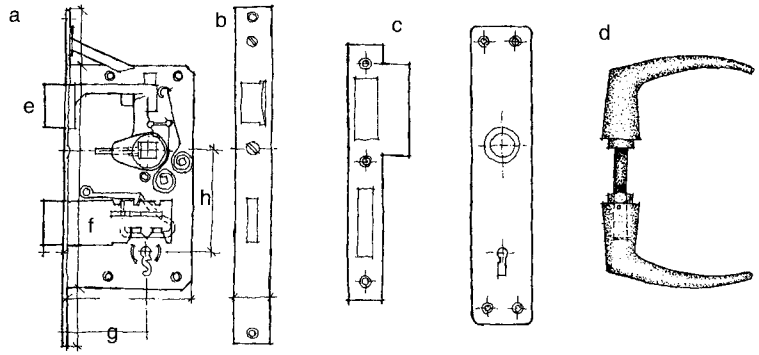
Perlengkapan pintu seperti perlengkapan jendela berupa engsel dan penutup harus memenuhi prasyarat yang sama (lihat halaman 87).

Engsel merupakan alat penggantung pada pintu. Engsel menerima beban dari daun pintu (gaya tarik di engel atas dan gaya tekan di engsel bawah). Oleh karena itu, tidak ada guna jika dipasang tiga engsel pada daun pintu dengan engsel ketiga di bagian tengah. Kalau memang konstruksi daun pintu membutuhkan tiga engsel, perlu dipasang dua engsel di bagian atas (berdekatan) dan satu engsel di bagian bawah saja. Engel yang tepat untuk daun pintu ialah engsel pasak lepas (minimal 5 ruas) dan engsel kupu-kupu yang kuat. Supaya engsel dapat digerakkan dengan mudah, biasanya digunakan engsel dengan cincin berantara dari bahan sintetik seperti seluloseasetat (CA) atau seluloseasetubutirat (CAB).

Engsel kupu-kupu (pomel) biasanya dipakai hanya untuk menggantungkan pintu kamar dengan daun pintu yang ringan. Pintu ini mudah diangkat dari pasaknya dalam keadaan terbuka. Cincin putar menjamin mudahnya berputar dan mengurangi bunyi engsel yang bergerak.

Kunci pintu dalam buku ini dibatasi pada kunci yang dibenam, dan yang umum dipakai pada pembuatan pintu, yaitu kunci berlidah siang

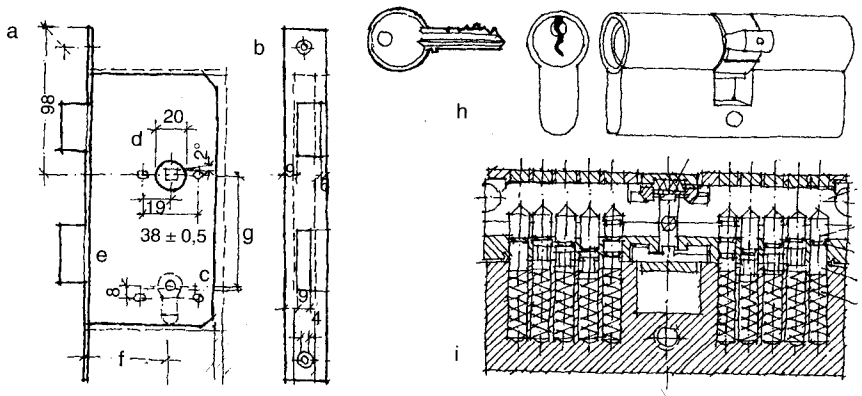
dan malam biasa dan kunci pengaman (kunci silinder). Kunci benam berlidah siang dan malam biasa dipasang dengan dimasukkan ke dalam lubang yang dipahat pada sisi tebal daun pintu.



Kunci benam berlidah siang dan malam biasa

a) induk kunci; b) pelat pengunci; c) perisai; d) pegangan; e) lidah siang dengan per (dapat dibuka dengan pegangan); f) lidah malam (dapat dikunci dan dibuka dengan anak kunci); g) jarak pengancing (standar internasional = 40 dan 55 mm); h) jarak pegangan – anak kunci (standar = 72 dan 92 mm)

Kunci pintu dipasang pada daun pintu sedemikian rupa sehingga pegangan berada 90-100 cm di atas permukaan lantai. Lebar bingkai daun pintu menentukan pilihan jarak pengancing yang kecil = 40 mm, atau yang biasa = 55 mm.



Kunci benam pengaman (kunci silinder)

a) induk kunci; b) pelat pengunci; c) silinder pengaman; d) lidah siang dengan per (dapat dibuka dengan pegangan), e) lidah malam (dapat dikunci dan dibuka dengan anak kunci); f) jarak pengancing (standar internasional = 40 dan 55 mm); g) jarak pegangan – anak kunci (standar = 72 dan 92 mm); h) silinder pengaman ganda dengan lidah kunci yang menggerakkan lidah malam; i) cara kerja kunci silinder dengan peluru dan pegas spiral.

10. Instalasi teknik umum

10.1 Saluran air limbah

Pada pilihan lahan untuk membangun gedung maupun lokasi untuk perumahan pengolahan air limbah, perlu dipertimbangkan karena berpengaruh pada pengadaan air minum. Kekurangan-kekurangan di kemudian hari hanya dapat diatasi dengan cara yang amat sulit dan biaya tinggi, maka pertimbangan terhadap sistem saluran air limbah dan pengolahan air limbah berhubungan dengan air tanah sangat penting.

Air limbah adalah air buangan (air bekas pakai/air kotor) dari air bersih yang sudah dipakai sebelum air limbah dibuang ke saluran umum atau ke alam/tanah hendaknya diolah terlebih dahulu. Untuk mempermudah pengolahan, sebaiknya air limbah dibagi menurut cara pengumarannya: air hujan, air sabun *(grey-water)*, air tinja (air limbah manusia), dan air limbah industri, sehingga masing-masing air limbah dapat diolah secara terpisah sesuai kebutuhannya.

10.1.1 Jenis air limbah dan sistem saluran

Pada prinsipnya air yang akan disalurkan dibagi berdasarkan sumbernya, yaitu: air hujan, air sabun, air tinja, dan air limbah industri.

Air hujan akan menuntut sistem saluran air limbah jika turun bukan pada ladang terbuka, melainkan pada atap rumah, jalan, atau pekarangan rumah yang kedap air. Air hujan dapat ditampung sebagai sarana air bersih, atau dikembalikan ke tanah sedekat mungkin dengan menggunakan sumur resapan (lihat hlm. 109-110). Air hujan yang disalur-kan ke saluran umum kota akan menambah bahaya banjir di daerah yang lebih rendah pada saat hujan deras.[64]

Peristiwa terjadi sekali setiap	Lamanya hujan dalam menit (') dengan intensitas liter/menit·m²							
	5'	10'	20'	40'	60'	80'	100'	120'
1 tahun	1.92	1.80	1.53	1.17	0.90	0.75	0.63	0.72
2 tahun	2.34	2.16	1.86	1.44	1.14	0.90	0.78	0.66
5 tahun	2.76	2.52	2.10	1.62	1.35	1.11	0.93	0.84

[64] Tabel ini untuk kota Semarang diambil dari: Burns & Mc Donell. *Storm water drainage masterplan for the city of Semarang.* 1976. dikutip oleh: Clarke Urban Systems. *Kampung Improvement Programs.* Bandung 1978. hlm 144

Di Indonesia sering terjadi banjir, juga sering terjadi kekurangan air bersih. Oleh karena itu, sebaiknya air hujan, terutama yang jatuh dari tirisan atap, dimanfaatkan sebagai air untuk mandi, cuci, siram bunga, dan lain-lain (lihat bab 10.2.2, halaman 122).

Air sabun *(grey-water)* berasal dari kegiatan rumah tangga (cuci piring, cuci pakaian, mengepel lantai), kegiatan mandi, cuci kendaraan, dan sebagainya. Air ini, jika bebas dari minyak dan bahan pelumas lain (perlu diperhatikan dengan khusus jika mencuci kendaraan bermotor), serta bahan larutan kimia, dapat dimanfaatkan untuk siram bunga, sayur, dan sebagainya, atau diolah secara biologis (lihat halaman 201) sebelum dirembeskan ke dalam tanah atau dikembalikan ke kali atau sungai. Air sabun dapat disalurkan lewat selokan terbuka.

Air tinja (air limbah manusia) merupakan kotoran manusia berbentuk cair maupun padat (1.5 l per orang/hari) ditambah air siram. Karena air tinja mengandung kolibakteri dan kuman lain yang dapat menggangu kesehatan manusia serta berbau tidak sedap, maka harus disalurkan dalam pipa tertutup. Sebagai bahan organik tinja mengalami proses fermentasi yang membutuhkan lubang hawa pada titik tertinggi sistem pemipaan, sumur pengolahan, maupun septic tank sehingga gas-gas yang terjadi dapat menguap.

Proses fermentasi tersebut juga dapat dimanfaatkan untuk mensterilkan limbah padat menjadi pupuk pada septic tank Vietnam (lihat halaman 111) atau untuk produksi biogas (kebutuhan minimal 200 kg tinja per hari, lihat halaman 116).

Air limbah industri merupakan air yang tercemar sehingga tidak memenuhi lagi standar air bersih. Selain hasil pencemaran air oleh industri, hal ini juga terjadi jika mencuci kendaraan bermotor, karena air itu mengandung bahan bakar, minyak, dan bahan pelumas lainnya. Kebanyakan air yang digunakan dalam proses produksi bahan kebutuhan manusia sering dinilai terlalu rendah. Produksi 1 ton semen membutuhkan 3'600 liter air, 1 ton besi 15'000-20'000 liter, 1 mobil sedan 75'000 liter, 1 ton kertas 120'000-190'000 liter, atau 1 ton gula 120'000 liter air[65] yang tercemar oleh produksi bahan tersebut. Air limbah yang tercemar oleh siapa pun harus diolah menjadi air bersih lagi sebelum

[65] Bdk.: Vale, Brenda and Robert. *Green Architecture.* London: Thames & Hudson, 1996. hlm. 24; serta: Walther, Karl August (ed.) *Wasser – bedrohtes Lebenselement.* Zürich: Montana, 1964. halaman 59

dikembalikan ke alam.[66] Pengolahan air limbah industri dapat dilakukan oleh perusahaan sendiri atau oleh instansi pemerintah yang akan membebankan biaya pengolahan kepada pihak industri.

Sistem-sistem saluran

Saluran air hujan dan air limbah dapat dibagi atas sistem-sistem saluran seperti berikut:

Selokan terbuka merupakan sistem parit buatan yang dapat digunakan untuk menyalurkan air hujan ke kali, sungai, danau, dan sebagainya (lihat konstruksi selokan air hujan, halaman 188-190).

Pemipaan bawah tanah merupakan sistem pipa-pipa (dari tanah liat, beton, semen berserat, atau bahan sintetik) untuk menyalurkan air sabun ke luar rumah (menuju kolam pengolahan atau selokan kota yang terbuka), air tinja (menuju septic tank). Sistem pemipaan seperti ini merupakan sistem ganda, karena membedakan antara pipa yang menyalurkan air hujan (yang tidak tercemar) dan air limbah (yang tercemar). Pada pemipaan air limbah industri atau sistem saluran kota di luar negeri air limbah maupun air hujan disalurkan dalam pipa yang sama, menuju ke pusat pengolahan air limbah (lihat bab 10.1.5: Proses pengolahan air limbah, halaman 117-120). Sistem pemipaan ini, yang merupakan sistem pengurasan, adalah sistem yang menghemat biaya pipa tetapi mempersulit proses pengolahan dan kelestarian lingkungan.

Peraturan-peraturan bangunan

Dalam tiap-tiap pekarangan harus diadakan saluran-saluran pembuangan air hujan. Saluran-saluran tersebut harus cukup besar [lihat tabel-tabel pada halaman 102-103] *dan miring untuk dapat mengalirkan seluruh air hujan dengan baik.* [Kemiringan tersebut tergantung pada bahan pipa yang dipilih, pada pipa beton > 3% dan pada pipa sintetik

[66] Berdasarkan: *UU Pengelolaan Lingkungan Hidup No. 23* 1997. Bab III, §5 (1): Setiap orang mempunyak hak yang sama atas lingkungan hidup yang baik dan sehat; Bab III, §6 (1): Setiap orang berkewajiban memelihara kelestarian fungsi lingkungan hidup serta mencegah dan menanggulangi pencemaran dan perusakan lingkungan hidup. (Kewajiban setiap orang sebagaimana dimaksud pada ayat ini tidak terlepas dari kedudukannya sebagai anggota masyarakat yang mencerminkan harkat manusia sebagai individu dan makhluk sosial. Kewajiban tersebut mengandung makna bahwa setiap orang turut berperanserta dalam upaya memelihara lingkungan hidup).

- 1%.] Air hujan yang jatuh di atas atap harus segera dapat disalurkan ke saluran di atas permukaan tanah dengan pipa-pipa atau selokan dengan jarak antara sebesar-besarnya 25.00 m.

Pemasangan dan peletakan pipa-pipa dilakukan sedemikian rupa sehingga tidak akan mengurangi kekuatan dan kekokohan bangunan. Pipa-pipa saluran tidak diperkenankan dimasukkan ke dalam [sumur] *lift. Bagian-bagian pipa harus dicegah dari bahaya karatan. Bahan saluran harus sesuai dengan penggunaannya dan sifat bahan yang hendak disalurkan. Saluran air limbah manusia tidak boleh langsung menghadap jalan.*[67]

10.1.2 Penentuan ukuran dan bahan pemipaan air limbah

Ukuran minimal untuk pipa lembahan air hujan yang vertikal telah ditentukan pada tabel luas atap, bentuk talang dan pipa lembahan (lihat halaman 30).

Ukuran minimal untuk pipa air sabun dan air tinja yang vertikal berupa:

Perlengkapan saniter yang disambung pada pipa vertikal	∅ pipa air limbah yang vertikal	nilai kesatuan
Kloset 1-6 buah Kloset lebih dari 6 buah	100 mm (4") 125 mm (5")	8 per kloset
Wastafel 1-6 buah Wastafel lebih dari 6 buah	50 mm (2") 65 mm (2½")	2 per wastafel
Tempat cuci piring/pakaian 1-2 buah Tempat cuci piring/pakaian > 2 buah	50 mm (2") 65 mm (2½")	6 per tempat cuci piring/pakaian
Saluran pemandian 1-2 buah Saluran pemandian > 2 buah	65 mm (2½") 75 mm (3")	6 per pemandian

Ukuran minimal untuk pipa saluran air hujan yang horizontal berupa:

∅ pipa air hujan yang horizontal	luas atap pada kemiringan pipa air hujan yang horizontal		
	1% (pipa PVC)	2% (tanah liat)	4% (pipa beton)
min. 100 mm (4")	170 m²	250 m²	350 m²
min. 125 mm (5")	300 m²	430 m²	610 m²
min. 150 mm (6")	480 m²	690 m²	990 m²

[67] DPUTL (ed). *Peraturan bangunan nasional.* edisi ke-7. Bandung 1977. bab 11. Drainage. halaman 56-57

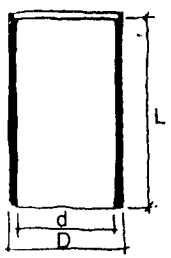
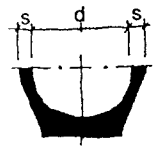
Ukuran minimal untuk pipa saluran air limbah yang horizontal berupa:

pipa air limbah yang horizontal	banyaknya satuan pada kemiringan pipa horizontal		
	1% (pipa PVC)	2% (tanah liat)	4% (pipa beton)
min. 100 mm (4")	114	150	210
min. 125 mm (5")	270	370	540
min. 150 mm (6")	510	720	1'050

Bahan pemipaan air limbah

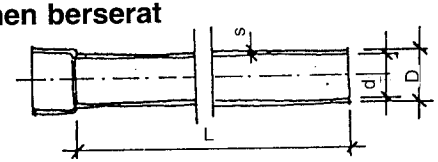
Untuk pemipaan air hujan dan untuk membangun segala jenis sumur, pipa atau bis beton merupakan bahan yang paling ekonomis.

Pipa bis beton berukuran dalam perdagangan[68]

Bentuk pipa	∅ dalam d (mm)	tebal dinding s (mm)	∅ luar D (mm)	panjang L (mm)
	100	30	160	1000
	150	35	220	1000
	200	35	270	1000
	300	35	370	1000
	400	50	500	1000
	500	50	600	500/1000
	600	65	730	500/1000
	700	70	840	500/1000
	800	75	950	500/1000
	1000	120	1240	500/1000
	100	30	160	1000
	150	35	220	1000
	200	35	270	1000

Untuk pemipaan air limbah yang lain dapat digunakan bahan pipa sebagai berikut:

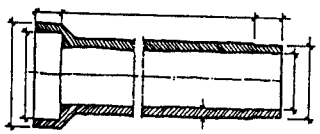
Pipa dari semen berserat



[68] Bdk.: Frick, Heinz/Ch. Koesmartadi. *Ilmu bahan bangunan.* Kanisius: Yogyakarta, 1999. halaman 110

Pipa air limbah dari semen berserat[69]			
∅ D (mm)	∅ d (mm)	L (mm)	s (mm)
97	85	1'800	6.0
97	85	2'100	6.0
131	115	1'800	8.0
131	115	2'100	8.0
181	165	1'800	8.0
181	165	2'100	8.0

Pipa tanah liat[70] (pipa keramik kasar) berukuran dalam perdagangan

Bentuk pipa	Ukuran-ukuran (dalam mm)						
	D	D_1	D_2	D_3	s	l	m
	100	130	150	180	15	800	50

Pipa PVC berukuran dalam perdagangan:

Pipa air limbah dari PVC			
∅ D (mm)	∅ d (mm)	L (mm)	s (mm)
106	100	4'000	3.0
131	125	4'000	3.0
157	150	4'000	3.6
209	200	4'000	4.5

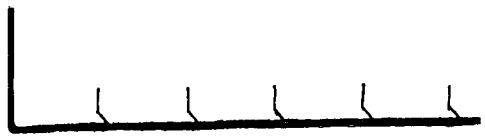
10.1.3 Konstruksi saluran air limbah

Pengudaraan pipa saluran air limbah[71]

Supaya penyaluran air limbah dalam pipa berfungsi dengan baik, maka dibutukan pengudaraan pipa yang tepat. Menurut cara pengudaraan tersebut berfungsi, maka dapat dibedakan pengudaraan primer dan pengudaraan sekunder.

[69] Bdk.: Frick, Heinz/Ch. Koesmartadi. *op.cit.* hlm. 156-157 (termasuk ukuran pipa penyambung dan lengkung)
[70] *ibid.* hlm. 92-93 (termasuk ukuran pipa penyambung dan lengkung)
[71] Bdk.: Hediger, Herbert. *Sanitärtechnik HTL-Schulen Hochbau.* Diktat kuliah. Unterengstringen-Zürich, 1976. halaman AW4-AW7

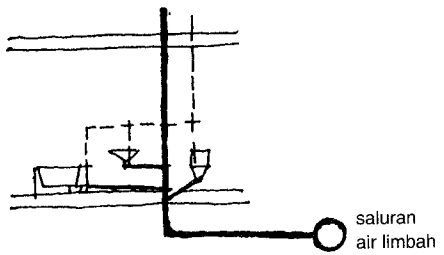
Sistem pengudaraan primer merupakan perpanjangan pipa saluran air limbah vertikal, atau pipa pengudaraan pada ujung pipa saluran air limbah horizontal, sampai menembus penutup atap. Garis tengah pipa saluran air limbah vertikal tidak boleh diubah menjadi lebih kecil, sedangkan garis tengah pipa saluran air limbah yang horizontal boleh diperkecil menjadi ∅ 5 cm (2").



Pengudaraan pipa saluran air limbah horizontal

Pengudaraan pipa saluran air limbah vertikal

Sistem pengudaraan sekunder menggunakan pipa pengudaraan yang terpisah dari pipa saluran air limbah, biasanya > ∅ 5 cm (2"), dan yang disambung sesudah leher angsa pada tiap alat perlengkapan saniter, misalnya sebagai berikut:



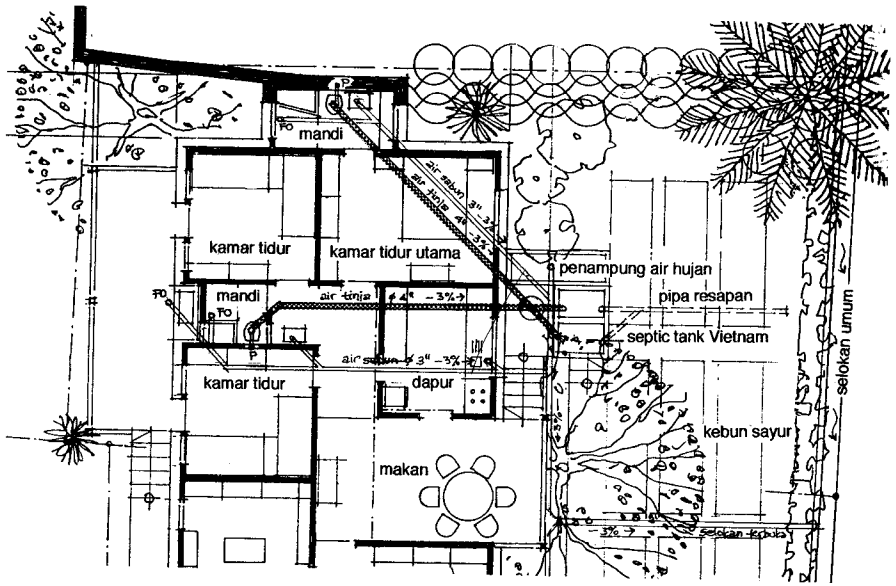
Pipa pengudaraan yang terpisah dari pipa saluran air limbah

Pemasangan pipa saluran air limbah

Semua pipa saluran air limbah, baik yang dari bahan keramik, serat semen, beton, atau PVC, harus dipasang langsung dan sependek mungkin. Pada perubahan arah dipasang penyambung lengkung (bukan siku), sebaiknya yang 135° saja sekaligus, seperti juga bila ada penyambung bercabang (harus selalu 45°). Perubahan garis tengah pipa saluran (reduksi berlawanan arus air) hanya boleh terjadi untuk cabang yang lebih kecil daripada pipa induk atau pada pipa yang dekat dengan ujung akhirnya.

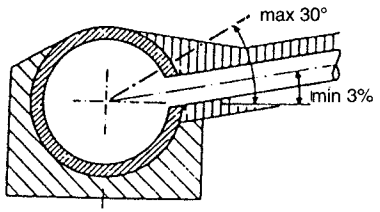
Gambar denah penyaluran air limbah (drainase) menggunakan garis berwarna untuk menunjukkan jenis air limbah, tanda → menunjukkan arah, dan kemiringan dinyatakan dalam %. Pipa pengudaraan vertikal ditunjuk dengan P dan saluran keluar (kamar mandi dan lain-lain) dengan FO *(floor outlet)*.

Jenis saluran air limbah	warna saluran pada gambar	simbol saluran
Saluran air hujan	biru → aliran dan %	
Saluran air sabun	kuning → aliran dan %	
Saluran tinja	coklat → aliran dan %	
Saluran air limbah industri	ungu → aliran dan %	

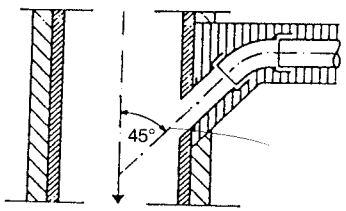


Gambar denah penyaluran air limbah (drainase) sebuah rumah tinggal

Dalam keadaan pipa penyaluran air limbah harus disambung dengan pipa saluran umum kota yang lebih besar (biasanya bis beton), dipilih sudut 45° dengan arus air pada denah dan pelubangan pipa saluran kota yang disambung harus di atas garis tengah pipa tersebut seperti terlihat pada gambar berikut. Hubungan pipa saluran dengan fondasi rumah dapat dilihat pada ilmu konstruksi struktur bangunan (hlm. 47).



Potongan yang menerangkan cara saluran air limbah masuk saluran air kota besar

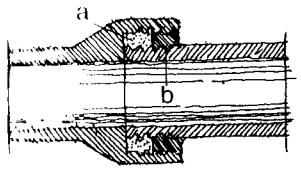


Denah yang menerangkan cara saluran air limbah masuk saluran air kota

Sambungan pada pipa saluran air limbah

Untuk menghindari terjadinya kebocoran air limbah, terutama tinja dan air limbah industri yang dapat mencemari air tanah dan dengan begitu mempengaruhi kesehatan penghuni, maka sambungan pada pipa saluran air limbah harus rapat/kedap.

Sambungan pada pipa tanah liat/keramik kasar (celah antara pipa dan soket pipa berikut) diisi separo dengan bahan goni (karung) yang dijenuhkan dengan aspal/bitumen dan diisikan sampai padat ke dalam celah itu. Kemudian sisa celah sambungan diisi dengan adukan semen portland dan pasir halus 1 : 3 (bagian volume).



a) karung goni dijenuhkan dengan aspal
b) penutup celah dengan adukan semen

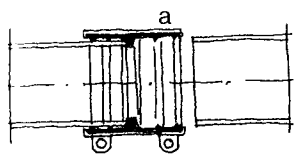
Sambungan pada pipa tanah liat

Sambungan pada pipa beton yang bersponing diisi adukan semen portland dan pasir halus dalam perbandingan 1 : 3 (bagian volume). Karena pipa beton terbatas bagi pipa air hujan, sambungan tersebut tidak harus elastis (jika terjadi retakan dan sambungan bocor sedikit, hal ini tidak berarti).

a) sponing pipa diterapkan adukan semen sebelum pipa dirapatkan

Sambungan pada pipa beton

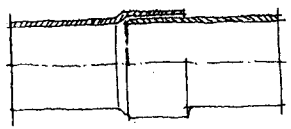
Sambungan pada pipa semen berserat biasanya menggunakan sok. Untuk menyambung dua pipa, digunakan dempul bitumen sebagai perekat maupun bahan kedap air. Pada sambungan pipa yang tumpul, digunakan gelang klem khusus sebagai berikut.



a) gelang klem khusus pipa semen berserat

Sambungan pada pipa semen berserat

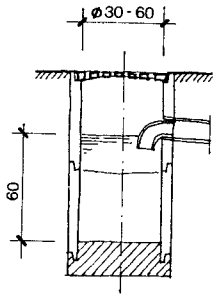
Sambungan pada pipa PVC (plastik) seperti pipa semen berserat menggunakan sok atau gelang yang akan dilem dengan lem kontak.



Sambungan pada pipa PVC dengan sok

10.1.4 Pemasangan bermacam sumur

Bak penguras pelataran dipasang di depan rumah (pada pelataran atau tempat parkir mobil). Bak penguras pelataran berfungsi seperti selokan tetapi berpusat pada satu titik. Pembuatannya dari bis beton ∅ > 30 cm dengan bagian bawah yang dilengkapi penampung endapan minimal 50 cm dalamnya dan penutup yang terdiri dari terali. Bak penguras biasanya dihubungkan dengan saluran kota melalui pipa beton. Jika saluran kota tertutup, sebaiknya pada ujung pipa dalam bak penguras dipasang penyambung lengkung ke bawah *(duiken boog)* dari pipa saluran PVC sehingga tidak berbau.



Potongan bak penguras pelataran

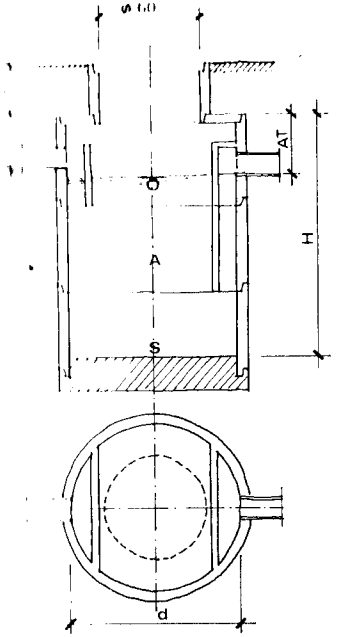
Ukuran bak penguras pelataran tergantung pada luas pelataran menurut tabel berikut (miringnya pelataran yang mengarah ke bak penguras tergantung pada lapisan permukaan, jika beraspal dipilih minimal 1.5-2%).

Luas pelataran	Garis tengah bak penguras pelataran
< 50 m²	∅ 30 – 40 cm
50 – 200 m²	∅ 45 – 50 cm
200 – 400 m²	∅ 60 cm
> 400 m²	∅ 70 – 80 cm dengan reduksi pada bagian atas (penutup terali ∅ 60 cm)

Bak penapis bahan bakar dan minyak memperlengkapi bak penguras pelataran parkir dan cuci mobil, akan tetapi juga pada bengkel cuci dan servis kendaraan bermotor. Pembuatannya dari bis beton besar yang dibagi dengan dinding pemisah menurut gambar berikut.

Ukuran-ukuran minimal bak penapis bahan bakar dan minyak:

Banyak mobil	luas pelataran (m²)	garis tengah d (cm)	tinggi H (cm)	penapis minyak O	bagian pemisahan A	bagian endapan S
1	23	60	130	67 l	56 l	96 l
2	40	60	165	67 l	96 l	120 l
3	70	80	160	120 l	168 l	165 l
4	110	100	160	186 l	264 l	257 l
7	110	100	185	186 l	264 l	453 l
10	145	150	137	425 l	343 l	616 l
18	245	150	187	425 l	588 l	1'056 l
34	330	175	212	576 l	816 l	2'040 l
44	330	175	237	576 l	816 l	2'640 l



ET kedalaman pemasukan saluran air limbah (min. 30 cm)
AT kedalaman pengeluaran saluran air yang bebas BBM (ET + 5 cm)
H tinggi seluruh bak penapis
O bagian penapis minyak
A bagian pemisahan
S bagian endapan (pasir dsb.)
a tinggi tempat masuk, biasanya bis beton ∅ 60 cm dan tinggi 30 cm
d garis tengah bak penapis

Potongan bak penapis bahan bakar dan minyak

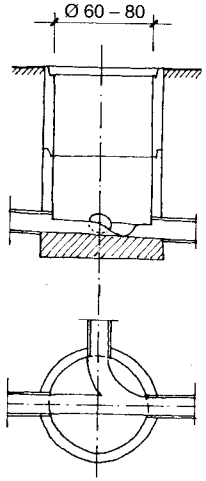
Denah

Bak penapis bahan bakar dan minyak (BBM) perlu dibersihkan secara teratur dalam jangka waktu tertentu. Bak penapis ini, yang selain melestarikan lingkungan juga mempermudah proses pengolahan air saluran umum dari kota, merupakan kebutuhan penting terutama pada bengkel servis dan cuci kendaraan bermotor.

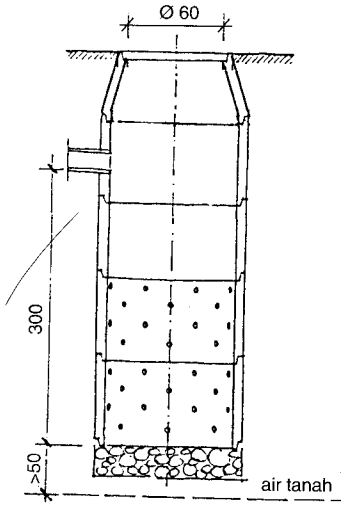
Bak kontrol dipasang pada pipa saluran air hujan maupun air limbah sehingga pipa tersebut dapat dibersihkan menurut kebutuhan. Untuk mempermudah pemeliharaan pipa air limbah pada rumah kediaman, harus diadakan paling sedikit dua bak kontrol dengan jarak < 15.0 m dan pipa saluran penghubung harus lurus. Biasanya bak kontrol dipasang pada penyambung bercabang. Ukuran garis tengah bak kontrol adalah ∅ 60 cm jika kedalaman < 1.00 m, dan ∅ 80 cm jika kedalaman > 1.00 m. Lantai dibuat dari beton dengan pipa saluran yang dibelah dua menurut gambar pada halaman berikut.

Sumur resapan dipasang untuk meresapkan air hujan dan peluapan dari olahan tinja di septic tank sedekat mungkin pada titik pengumpulan air hujan atau septic tank tersebut, sehingga pipa penghubung pendek. Ukuran sumur resapan tergantung pada kapilaritas tanah (nilai menyerap air oleh tanah) dan banyaknya air yang diinginkan meresap ke dalam tanah. Untuk suatu rumah kediaman, luasnya resapan (por-

mukaan sumur yang terbuka ke tanah pada lantai dan dinding) dibutuhkan sebesar > 4.0 m². Garis tengah sumur resapan 80-100 cm dengan kedalaman 2.0-3.0 m di bawah pemasukan pipa air limbah (akan tetapi > 50 cm di atas permukaan air tanah). Sumur resapan diisi setinggi dinding berlubang dengan kerikil kasar ∅ 30-80 mm, kemudian diadakan lapisan ijuk (5 cm tebal) sebagai saringan yang ditutupi 30-50 cm pasir kasar. Di bawah pemasukan pipa air limbah dipasang polat pemantulan air di atas pasir tersebut.



Potongan dan denah bak kontrol



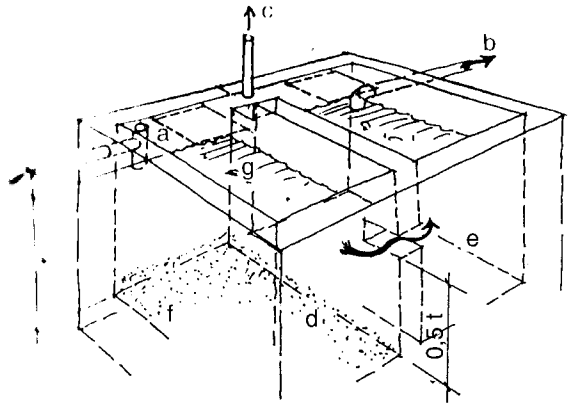
Potongan sumur resapan

10.1.5 Proses pengolahan air limbah

Proses pengolahan sederhana

Septic tank yang sering dibuat sebagai sumur rembesan/sumur kotoran saja, membayakan kesehatan masyarakat setempat, tambah lagi jika masih digunakan sumur untuk air minum juga. Berdasarkan kenyataan ini septic tank harus kedap air dan berfungsi sebagai **sumur pengolahan** sederhana dengan bak pemisahan masing-masing > 1.1 m³/keluarga.[72] Septic tank sebesar ini harus dikuras pada jangka waktu ± 4 tahun berdasarkan pertimbangan kondisi iklim tropis.

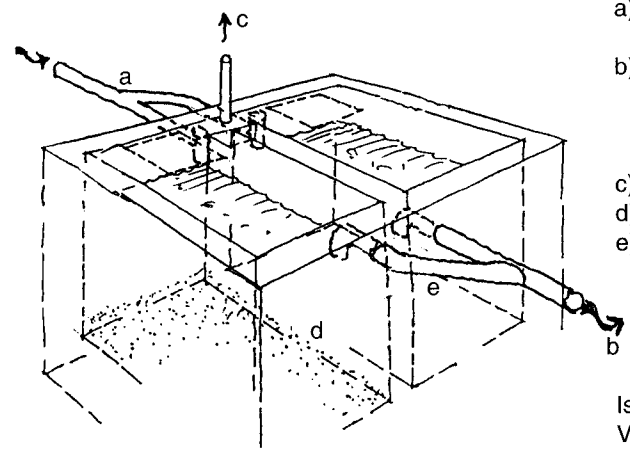
[72] Bdk.: Rudy Gunawan/FX. Haryanto. *Pedoman perencanaan rumah-sehat.* edisi ke-2. Yogyakarta: Sarana Cipta, 1981. halaman 63; dan: VITA (ed.) *Village Technology Handbook.* edisi ke-4. Maryland: VITA, 1978. halaman 153



a) pemasukan tinja dengan penyambung T
b) peluapan air limbah ke resapan dengan penyambung lengkung ke bawah
c) pipa penghawaan
d) bak pemisahan 1
e) bak pemisahan 2
f) endapan berat
g) endapan yang timbul
t) dalamnya air dalam bak pemisah

Isometri septic tank 2 bak

Septic tank Vietnam. Umumnya tinja mengakibatkan persoalan dalam konsep pengelolaan limbah yang ekologis. Negara beriklim sedang menggunakan kloset kering (tanpa pembilasan air), sedangkan untuk iklim tropis sebaiknya dipilih konsep septic tank Vietnam. Sistem ini berdasarkan kenyataan bahwa proses fermentasi yang tidak terganggu mengakibatkan suhu yang cukup tinggi untuk membasmi bakteri koli dan kuman lainnya. Septic tank ini terdiri dari dua bak yang sama besarnya dan alat untuk memindahkan saluran pengisian. Jika satu bak penuh, maka diisi bak kedua. Sesudah enam bulan bak pertama boleh dibuka dan isinya dapat dijadikan pupuk yang sangat berharga (dan tidak berbau lagi) untuk disebar dalam kebun sayur.

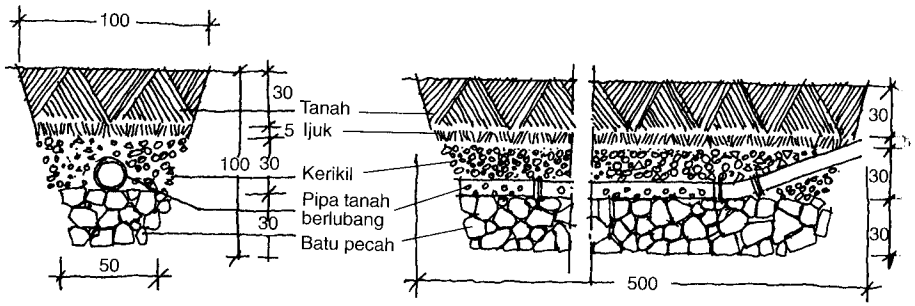


a) alat pemindahan saluran tinja
b) peluapan air limbah ke resapan dengan penyambung lengkung ke bawah
c) pipa penghawaan
d) bak tinja/pupuk 1
e) bak tinja/pupuk 2

Isometri septic tank Vietnam

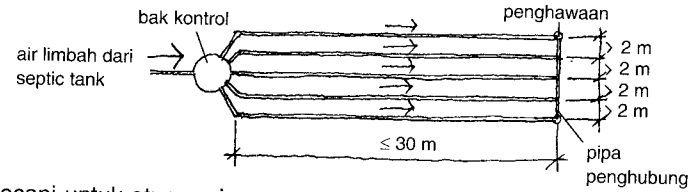
Pipa resapan merupakan perlengkapan yang dibutuhkan pada pipa peluapan septic tank. Karena air tinja ini belum diolah penuh dan ma-

sih mengandung bakteri koli dan kuman lainnya, pipa resapan harus ditanam minimal 65 cm dalam tanah. Panjang pipa resapan tergantung pada kapilaritas tanah (nilai menyerap air oleh tanah) dan banyaknya air yang diinginkan meresap ke dalam tanah. Biasanya dipilih sekitar 5.0 m untuk satu rumah kediaman, sebagai berikut:[73]



Potangan melintang dan memanjang pada pipa resapan

Pipa resapan yang digunakan sebagai resapan beberapa rumah atau wilayah tertentu dapat diperpanjang juga sampai 30.0 m serta dapat ditambah dengan pipa yang sejajar dengan jarak 2.0 m (sistem kecapi). Perlu diperhatikan agar dalam hal ini ujung pipa resapan harus dilengkapi pipa penghawaan.

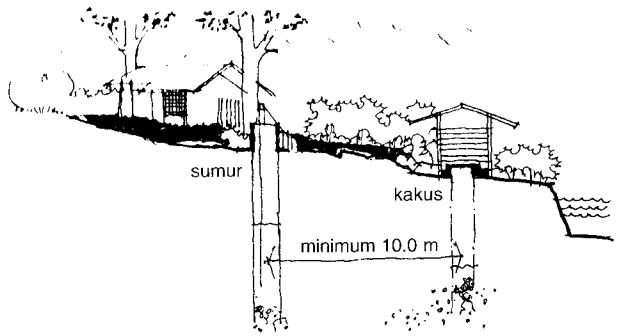


Sistem kecapi untuk aturan pipa resapan

Alternatif lainnya untuk meresapkan peluapan dari septic tank ke dalam tanah adalah penggunaan sumur resapan (lihat halaman 109-110).

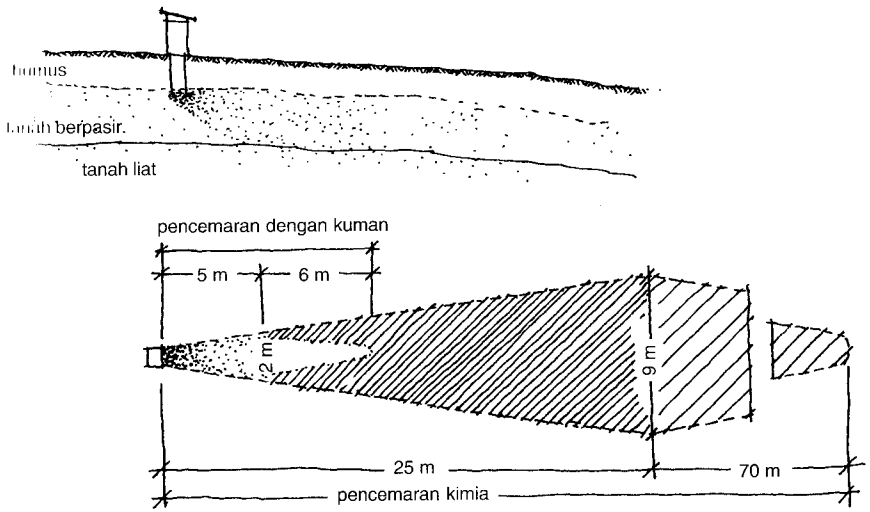
Pencemaran air tanah oleh septic tank dapat terjadi karena septic tank merupakan sumur resapan/sumur kotoran saja, sistem septic tank mengalami kebocoran, atau bakteri koli dan kuman lainnya mencemari air tanah lewat pipa atau sumur resapan. Untuk menghindari hal yang tidak diinginkan, pemerintah menentukan jarak minimal 10.0 m di antara septic tank dan sumur air.

[73] Bdk.: Pembinaan pemugaran perumahan pedesaan (ed.) *Pedoman teknik perencanaan dan pembangunan perumahan pedesaan.* Jakarta: DPU, 1977. hlm. 82



Penentuan jarak minimal di antara septic tank/sumur penampung tinja dan sumur air[74]

Tentu saja persyaratan pemerintah tersebut merupakan pedoman yang sangat kasar dan sederhana. Jarak tersebut sebenarnya harus memperhatikan arus air tanah di bawah septic tank yang bersangkutan. Penelitian ilmiah[75] menunjukkan bahwa pengaruh bakteri dapat diukur pada tanah sampai sejauh 11 m, pengaruh kimia sampai 95 m, dan kontaminasi selalu terjadi dalam arah arus air tanah walaupun septic tank berada lebih dari 3.0 m di atas permukaan air tanah tertinggi. Oleh karena itu, tempat kloset selalu dipilih ke arah hilir dari sumur air.



Pengaruh kontaminasi oleh septic tank/sumur penampung tinja atas air tanah.

[74] digambar ulang menurut: Pembinaan pemugaran perumahan pedesaan (ed.) *op. cit.* halaman 6

[75] Wagner, E.G./Lanoix, J.N. *Excreta disposal for rural areas and small communities.* Geneva: WHO, 1958. dikutip oleh: VITA (ed.)*op.cit.* halaman 147-149

Sumur pengolahan air sabun dapat dibuat mirip dengan bak penguras pelataran (lihat halaman 108). Sumur pengolahan kemudian dapat dilengkapi dengan pipa resapan (lihat hlm. 111-112) atau air itu diolah dengan kolam sebagai pengolahan air limbah (lihat hlm. 201). Air yang telah diolah secara biologis tersebut dapat dimanfaatkan untuk siram bunga karena sabun mengandung fosfat sebagai pupuk.

Penggunaan sistem alamiah seperti kolam sebagai pengolahan air limbah menuntut kebijaksanaan ketat oleh penghuni rumah. Jangan menguras bahan kimia pada selokan (misalnya tinner, bensin, minyak goreng, pembersih kimia, bahan anti sumbat, obat nyamuk, dan sebagainya), karena bahan tersebut akan merusak ekosistem terkait.

Proses pengolahan biologis

Proses pengolahan biologis mengandung banyak kemungkinan untuk memanfaatkan lingkungan alam dalam upaya pengolahan air limbah[76]

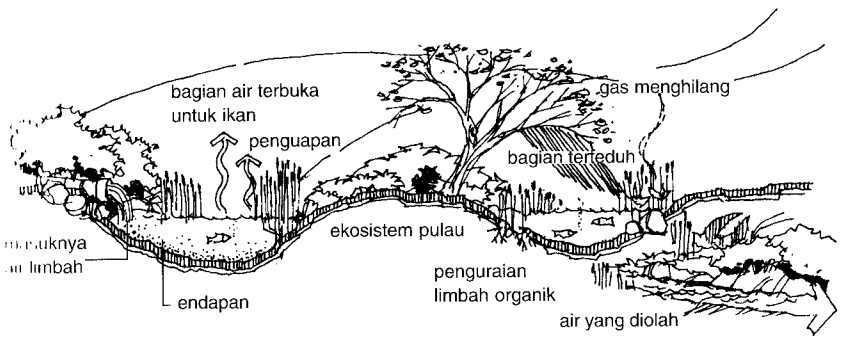
Jenis air	Pentahapan					Penggunaan bagi manusia
Air limbah rumah kediaman termasuk tinja	Bak penguras	Alat pembangkit biogas	Endapan dikomposkan	→	Pupuk untuk pertamanan dan pertanian	
	Bak penguras	Air limbah digunakan langsung sebagai pupuk alam	Penumbuhan biomassa, makanan ternak, tanaman hias	→	Binatang ternak, kayu bakar, bunga-bunga, dsb.	
	Bak penguras dengan tinja	Sampah dari dapur (sayur, buah, dsb.)	Dikomposkan minimal 30 hari	→	Pupuk untuk pertamanan dan pertanian	
Air limbah rumah kediaman tanpa tinja	Bak penguras	Kolam ikan intensif	Biomassa, alga dan tumbuhan air, udang, dsb.	→	Makanan ternak untuk ikan, itik, ayam, dsb.	Keuntungan bagi manusia dalam bentuk makanan
	Bak penguras	Sistem saringan pasir dan tumbuhan	Air bersih merembes dalam tanah	→	Air bersih mengalir ke perairan alam	
Air hujan (tidak diolah, langsung dimanfaatkan)	Bak penampung & saluran	Kolam ikan ekstensif	Biomassa, alga dan tumbuhan air, udang, dsb.	→	Makanan ternak untuk ikan, itik, ayam, dsb.	
	Bak penampung &saluran	Sumur resepan	Sistem saringan pasir dan tumbuhan	→	Ekosistem kolam	Keuntungan bagi lingkungan

[76] Bdk.: Krusche, Per et al. *Oekologisches Bauen*. Wiesbaden, Berlin: Bauverlag, 1982. halaman 301

Semakin kecil daerah yang menggunakan pengolahan air limbah secara ekologis, semakin sederhana dan murah penyediaan, pengelolaan, dan pengontrolan. Di samping itu, penggunaan lahan juga kecil dan penyesuaian secara ekologis dalam lingkungan alam lebih mudah

Sistem kolam merupakan sistem yang paling sederhana dengan membuat lubang di dalam tanah yang akan mengedap diri terhadap rembesan air. Hanya keadaan tanah yang tidak bisa mengedap diri (tanah berkerikil, bercadas, tras, dsb.) perlu dikedap terhadap rembesan air dengan menggunakan tanah liat, tanah pekat, atau kapur tohor, semen, dan sebagainya.

Penyelesaian dengan kolam yang dilengkapi rawa-rawa sekelilingnya dengan perumpung, pandan air, rumput gajah, dan sebagainya, serta kepulauan di tengahnya yang menjamin cagar alam telah dilaksanakan pada sungai Tijuana yang sangat dicemari oleh air limbah dari kota San Diego (AS) sebagai berikut:[77]



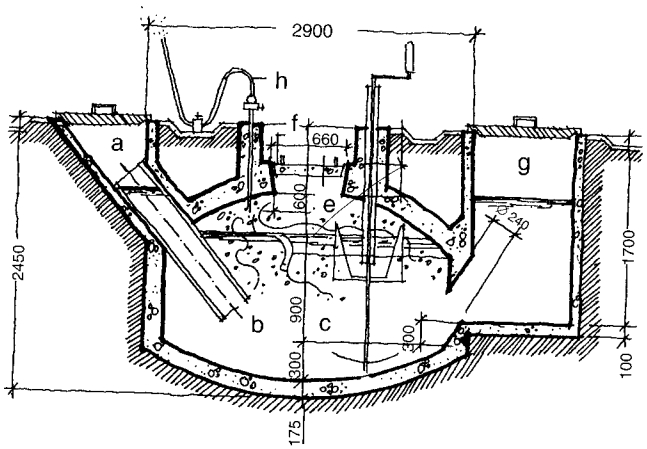
Pengolahan air limbah dengan kolam dan daerah rawa-rawa *(wetland water treatment)*.

Sistem ini berfungsi mirip dengan sistem kolam sebagai pengolahan air limbah *(aquatic sewage treatment)* dalam skala kecil, yang akan di bahas lebih lanjut pada halaman 201 berikut.

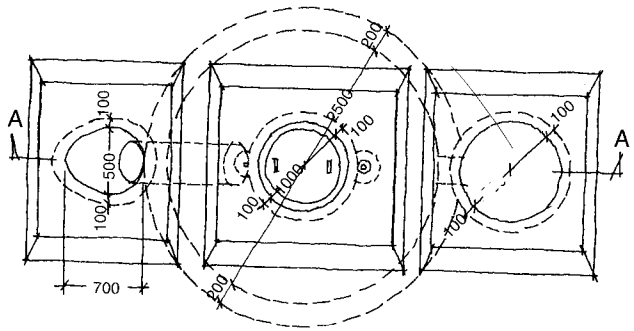
Sistem yang paling sederhana dan alamiah untuk rumah kediaman menggunakan sumur pengolahan air sabun yang peluapannya bersama saluran air hujan masuk ke kolam ikan. Kemudian untuk tinja dipilih konsep septic tank Vietnam, yang dapat menghasilkan pupuk bagi kebun sayur.

Bdk.: Lyle, John Tillman. *Regenerative design for sustainable development*. New York: Wiley, 1994. halaman 236-255

Biogas merupakan bahan bakar alam yang dihasilkan dari bahan yang tidak akan ada habis-habisnya seperti tinja, kotoran hewan, daun-daunan, potongan buah dan sayur dari dapur, dan sebagainya. Dalam kondisi yang kedap udara biomassa tersebut mengalami proses fermentasi anaerob. Dalam proses ini terlepas sekitar 60% gas metan, karbon dioksida, zat air belerang, zat lemas, zat air, serta karbon monoksida, dan hasilnya dinamakan biogas. Biogas ini dapat digunakan untuk dapur atau untuk pembangkit listrik. Endapan dari bak fermentasi dapat dimanfaatkan sebagai pupuk untuk kebun.



Potongan
A-A pembangkit biogas



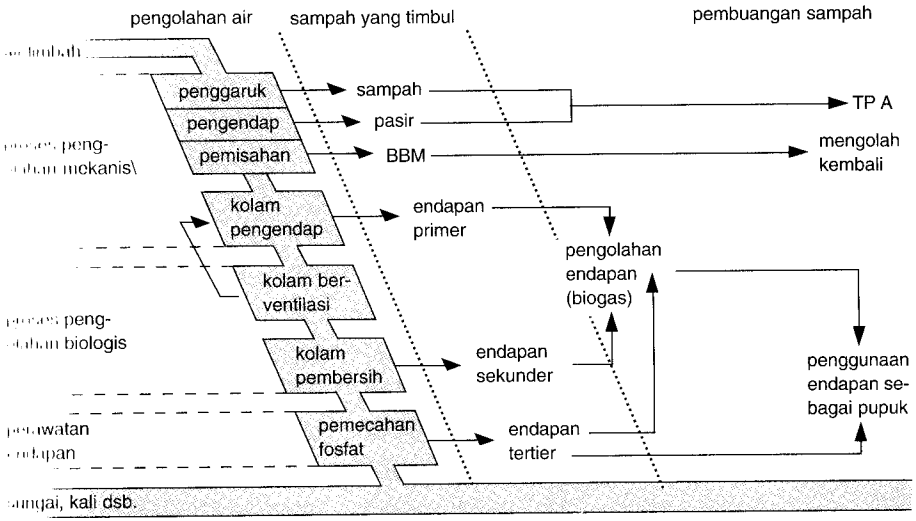
Denah pembangkit biogas Cina[78]

a) pemasukan tinja dan sampah dapur; b) pipa pemasukan ∅ 25 cm; c) ruang tekanan udara untuk fermentasi dari beton bertulang > 12.5 cm; d) pengaduk; e) penyimpanan gas; f) tutup rapat gas; g) peluapan air limbah; h) pipa gas

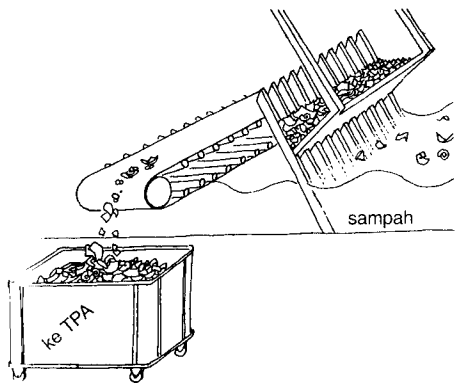
[78] Eggeling/Guldager et al. *Biogas Handbook*. Borda 1979. Tabel 25; dikutip oleh: Schreckenbach, Hannah. *Construction technology*. Eschborn 1981. hlm. 296

Proses pengolahan teknis

Dalam proses pengolahan biologis yang berskala kecil, proses pengolahan dapat dilakukan lebih efisien dengan menyediakan pengolahan air limbah berpusat terutama pada wilayah padat penduduk. Sistem ini memungkinkan campuran semua air limbah dan tinja yang semuanya disalurkan bersama ke pusat pengolah air limbah. Proses pengolahan teknis biasanya bekerja pada tiga tingkatan pengolah, yaitu: pengolahan mekanis, pengolahan biologis, dan pengolahan dari fosfat. Perawatan endapan dibahas kemudian secara terpisah.



Proses pengolah teknis berpusat untuk air limbah[79]

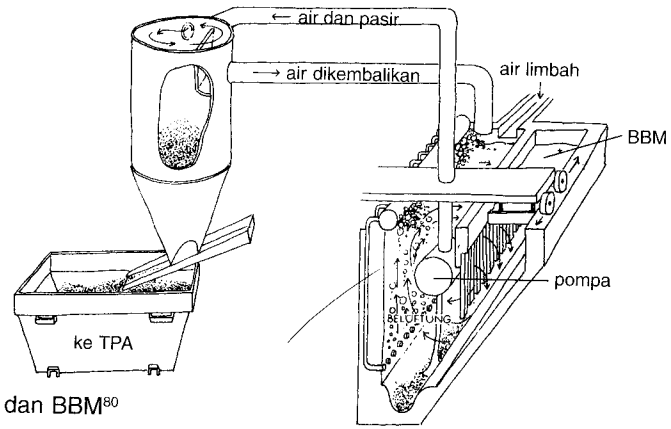


Proses pengolahan mekanis terdiri dari dua bak penggaruk sampah. Penggaruk tersebut mengambil kaparan, sampah, dan sebagainya dari air limbah dan menaruhnya di atas ban berjalan, yang membawa sampah ke kotak sampah (TPS).

Penggaruk sampah

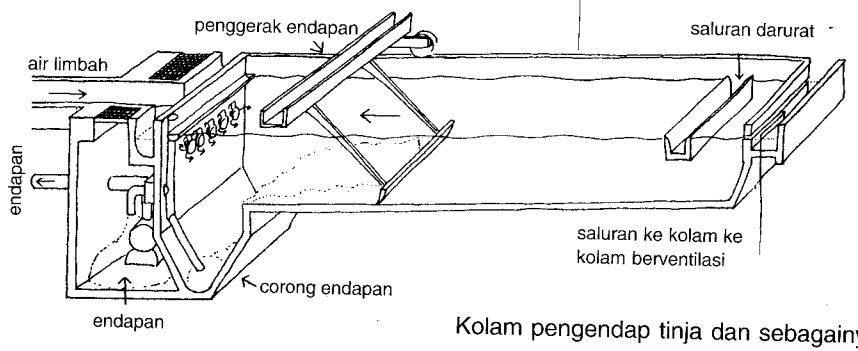
[79] digambar ulang menurut: König, Klaus W. *Regenwasser in der Architektur*. Staufen bei Freiburg: ökobuch, 1996. halaman 27

Kemudian air limbah disalurkan ke dalam bak penapis pasir, bahan bakar, dan minyak. Dengan bantuan tekanan udara, air limbah selalu berputar dan pasir akan mengendap ke bawah, sedangkan bahan bakar dan minyak naik ke atas. Pasir akan dipompa ke luar, dipisahkan dari air limbah dan dibawa ke bak TPS. Bahan bakar dan minyak dan bahan terapung yang lain akan dipisahkan juga dan dibakar.



Pemisahan pasir dan BBM[80]

Air limbah selanjutnya dialirkan ke dalam kolam yang panjang. Luas kolam dibuat sedemikian rupa sehingga air limbah dari saluran umum kota mengalir melalui kolam tersebut dalam waktu minimal dua jam, jikalau tidak turun hujan lebat. Dalam jangka waktu ini endapan tinja dan sebagainya jatuh ke dasar kolam, lalu di situ akan digeser secara mekanis ke corong endapan dan kemudian disimpan pada septic tank yang besar.

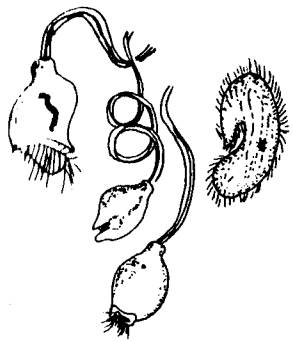


Kolam pengendap tinja dan sebagainya

[80] semua gambar proses pengolahan teknis berdasarkan: Sprenger+Steiner. *Konzept einer modernen Abwasserreinigung.* Dalam harian: Liechtensteiner Volksblatt, 1-2 September 1978

Proses pengolahan biologis dimulai sesudah sampah, pasir, bahan bakar dan minyak, serta endapan tinja disingkirkan secara mekanis. Pencemaran ini baru ±1/3 dari semua pencemaran air limbah dari saluran umum kota. Sisa-sisa yang masih ada terlarut dalam air, sehingga tidak dapat ditapis secara mekanis. Berdasarkan kenyataan ini, maka proses pengolahan biologis akan meniru proses alam.

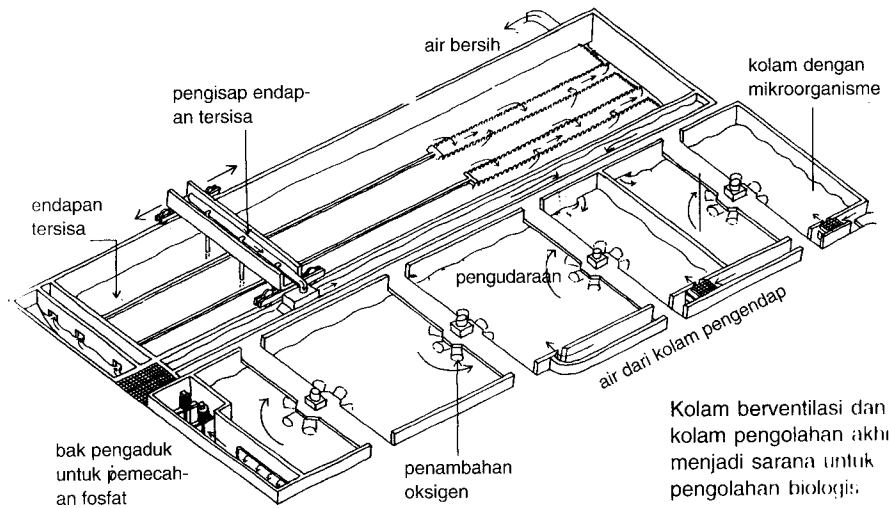
Mikroorganisme yang sebenarnya sudah berada di air berkembang-biak dalam kolam berventilasi. Pencemaran yang masih terkandung dalam air limbah menjadi makanan bagi mikroorganisme tersebut.



Mikroorganisme dalam air

Karena hidup berkelompok, mikroorganisme ini dengan mudah dapat dipisahkan dari air yang sudah dibersihkan. Dengan cara ini hasil pengolahan menjadi 90%. Supaya mikroorganisme dapat hidup dan berkembang terus, maka perbandingan oksigen : air selalu harus ~1 : 5. Selanjutnya air limbah dialirkan ke kolam pengolahan akhir yang terbagi tiga. Di sini semua endapan tersisa, termasuk mikroorganisme, akan turun ke bawah. Dari situ diisap dan mikroorganisme dikembalikan ke kolam berventilasi.

Karena makanan selalu berlebihan, jumlah mikroorganisme bertambah terus sehingga sebagian dapat disalurkan ke septic tank dengan endapan dari proses pengolahan mekanis.



Kolam berventilasi dan kolam pengolahan akhir menjadi sarana untuk pengolahan biologis

Proses pemecahan fosfat umumnya melengkapi pusat pengolahan air limbah yang besar (> 1'000 penduduk). Pada pemecahan fosfat, air limbah yang sudah lumayan bersih dipisahkan dari fosfat. Fosfat menguntungkan perkembangan ganggang dalam danau dan sungai dan dengan begitu membahayakan kehidupan (karena mengurangi oksigen untuk ikan dan sebagainya).

Proses pemecahan tersebut dilakukan dengan bantuan besi klorida atau aluminium sulfat yang dimasukkan pada kolam berventilasi sebelum air limbah dialirkan ke kolam pengolahan akhir, fosfat akan mengikatkan diri dengan bahan kimia tersebut dan mengendap pada kolam akhir tersebut. Dengan begitu, air yang keluar dari proses pemecahan fosfat menjadi bersih (standar air minum) dan dapat disalurkan langsung ke sungai dan sebagainya.

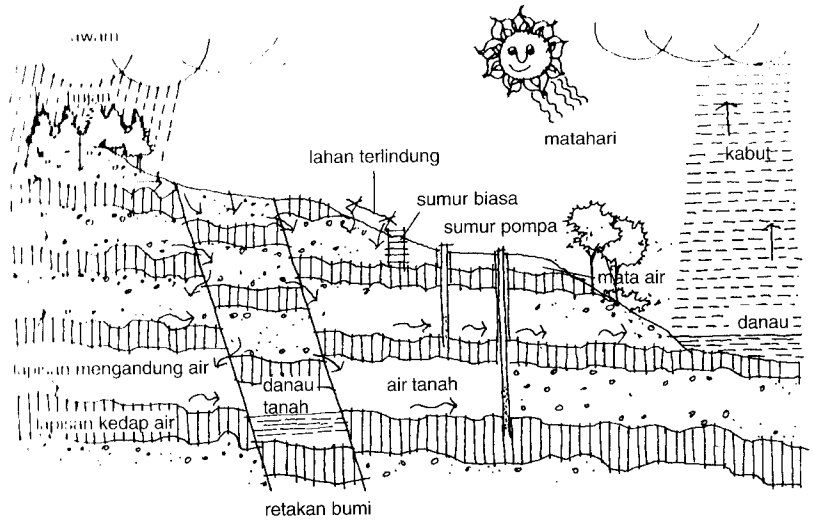
Perawatan endapan (isi septic tank dan endapan dari kolam pengolahan akhir) berupa sterilisasi. Karena endapan ini mengandung fosfat dan bahan pemupuk lainnya, hasil perawatan ini adalah pupuk berbentuk lumpur yang sangat berharga. Dapat diperkirakan hasil 2.5 liter lumpur per hari per penduduk. Dalam proses sterilisasi dapat juga dihasilkan gas metan sebanyak 0.05 m^3/hari per penduduk. Karena hasil ini melebihi kebutuhan gas untuk memanaskan endapan, maka dapat digunakan untuk membangkitkan listrik sehingga pusat pengolahan air limbah menjadi autarkis di bidang energi.

10.2 Instalasi air minum (saniter)

10.2.1 Pengertian dan fungsi instalasi air minum

Instalasi air minum sering juga dinamakan instalasi saniter. Istilah saniter berasal dari bahasa Latin: *sanus* = sehat, *sanatorius* = menyegarkan.

Air dan perairan mengadakan dan membentuk bumi kita. Lautan, sungai-sungai, dan lapisan es pada kutub, serta air di bawah tanah merupakan sumber yang luar biasa besar ($1'384 \times 10^6$ km^3). Banyaknya air tersebut tidak dapat ditambah maupun dikurangi. Meskipun demikian, air bersih dan air minum makin lama makin sulit didapatkan oleh karena dari banyaknya air tersebut 97.4% adalah air asin dan hanya 2.6% air tawar. Sebagai pengetahuan dasar tentang instalasi air minum, maka sebelumnya perlu diperhatikan peredaran air dan kemungkinan untuk menghasilkan air minum.



Peredaran air dan kemungkinan untuk mendapat air minum

Berdasarkan penggunaan air minum dari peredaran air alam, dapat dibedakan air hujan (termasuk air sungai atau air danau) dan air tanah (mata air atau sumur air tanah). Yang dimaksud dengan air minum adalah air untuk kebutuhan hidup rumah tangga, mencakup air untuk minum, air cuci, air mandi, dan air masak.

Kebutuhan air minum makin bertambah dengan penambahan instalasi alat-alat saniter dan kebutuhan masyarakat. Sekarang pemakaian air bersih untuk kebutuhan hidup di Indonesia, rata-rata setiap orang 80 -150 liter/hari. Di Barat sekarang rata-rata 170 – 450 liter/hari per orang. Walaupun nilai ini sudah cukup tinggi, tetap cenderung naik sekitar 7% dalam kurun waktu 10 tahun. Kebutuhan air tergantung pada kebiasaan masyarakat dan orang masing-masing, suhu dan iklim, pencemaran udara, jumlah alat saniter, dan banyaknya kran air yang terpasang (dan yang sering bocor), kualitas air yang disedikan oleh perusahan air minum, apakah air minum dialirkan selalu atau hanya pada waktu tertentu, serta keadaan sumber air yang lain atau tidak.

Air minum harus memenuhi persyaratan fisik, kimia, dan bakteriologis yang ditentukan oleh dinas kesehatan negara. Persyaratan fisik air minum ialah: harus jernih, bersih dan tidak berwarna; persyaratan kimia: tidak berbau, tidak mempunyai rasa, dan tidak mengandung zat kimia yang mengganggu kesehatan; persyaratan bakteriologis: tidak mengandung bakteri koli dan kuman lain yang mengganggu kesehatan manusia.

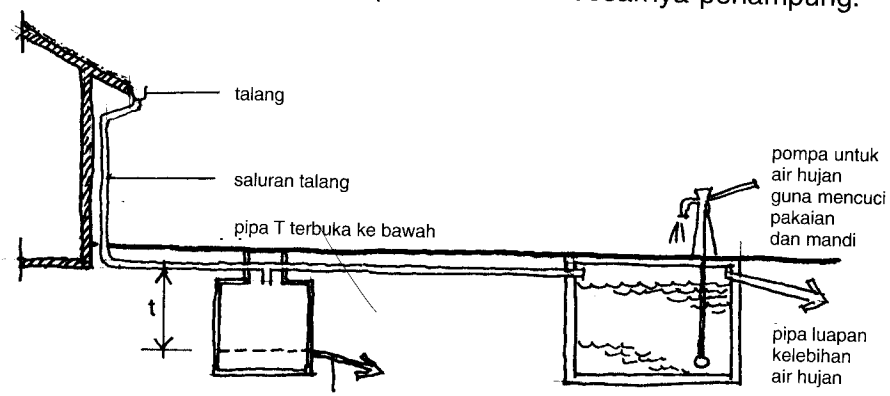
10.2.2 Sumber air minum

Air minum dapat diambil dari air hujan, air sungai, dan sebagainya, serta dari mata air atau air tanah (kedalaman > 3.0 m).

Penampungan dan pengolahan air hujan

Air hujan dari langit, bersih (tidak mengandung kuman-kuman), dikumpulkan dari tirisan atap melewati talang dan pipa lembahan, dapat digunakan sebagai air minum, meskipun tidak mengandung mineral-mineral yang berguna untuk gigi, tulang, dan lain-lain. Jikalau air hujan digunakan sebagai air minum, sebaiknya minum obat yang mengandung mineral-mineral sebagai pengganti.

Penggunaan air hujan merupakan salah satu alternatif, terutama di wilayah di mana terjadi kekurangan air bersih, atau air perusahan air minum sering kali tidak mengalir. Karena hampir seluruh kepulauan Indonesia mendapat air hujan di atas 2'000 mm/tahun[81], maka sumber air sebenarnya tidak kekurangan. Berdasarkan curah hujan (misalnya pada atap dengan luas tertentu), kebutuhan air pada rumah tangga, dan lamanya musim kemarau, dapat ditentukan besarnya penampung.



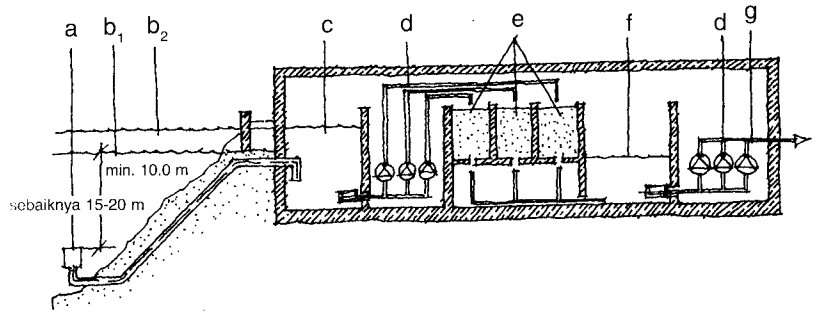
luas atap misalnya 100 m²	penampang air hujan tercemar: isinya luas lantai × tingginya (t) = luas atap × 2 mm air hujan (200 liter per 100 m² atap)	penampung air hujan bersih: isinya 1.5 m³ per orang, atau 10 m² atap per m³ isinya (100 m² atap = 10 m³ = 6 orang)

Penampung air hujan dapat dibangun di bawah rumah atau tertanam di dalam tanah sehingga air tidak memanas oleh suhu matahari. Supaya air tidak berlumut atau membusuk, penampung harus dibuat dari beton atau batu alam yang diplester kedap air, harus gelap (tanpa lubang cahaya), dan bebas dari nyamuk dan binatang sejenis yang berkembang di air. Persoalan terletak pada pencemaran udara, namun diketahui bahwa hanya 2 mm hujan pertama yang tercemar berat oleh udara dan permukaan atap yang berdebu. Karena itu, perlu diciptakan sistem pemisah air hujan yang sederhana (tanpa katup yang dapat bocor dan tanpa saringan yang dapat tersumbat) seperti tergambar di atas.

Air sungai atau air danau

Karena air sungai atau air danau sebagai air dari permukaan tanah tercemar secara fisik, kimia, dan bakteriologis, maka air itu belum bersih dan tidak dapat langsung diminum. Sebagai proses pengolahan digunakan penapis mekanis (pasir dan sebagainya) atau kimiawi untuk mengendapkan pencemaran air tersebut. Kemudian supaya air bersih secara bakteriologis digunakan desinfektan.

Jikalau air sungai atau air danau digunakan untuk saluran air bersih oleh perusahaan air minum, maka digunakan pengolahan sebagai berikut. Pengambilan air minum dari sungai atau danau harus sedalam > 10.00 m.



Pengolahan air sungai atau air danau sebagai sumber air bersih[82]
a) sungkup dan pipa pengisap di dasar danau; b_1) permukaan air danau terendah; b_2) permukaan air danau tertinggi; c) bak air seimbang dengan air danau; d) ruang pompa air; e) saringan pasir; f) bak air bersih; g) pipa distribusi

Saringan biasa menggunakan pasir kuarsa ∅ 0.5–1.2 mm setinggi ± 80 cm. Hasil penyaringan 40–200 m³ air bersih/hari dan per m² saringan menurut kebersihan saringan itu. Saringan ini belum dapat menahan kuman-kuman.

---

[81] Frick, Heinz/FX. Bambang Suskiyatno. *Dasar-dasar eko-arsitektur.* Yogyakarta: Kanisius, 1998. halaman 66-67

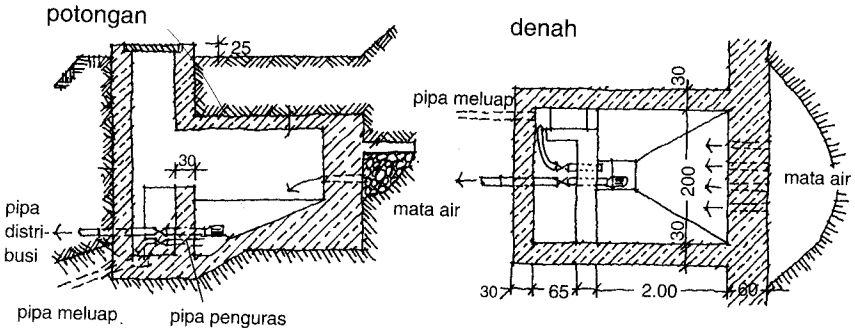
[82] digambar ulang menurut: Hediger, Herbert. *op.cit.* halaman KW 6

Saringan istimewa menggunakan pasir kuarsa yang lebih halus (∅ 0.1–1.2 mm) sehingga air mengalir lebih lambat dan hasilnya merupakan air minum yang lebih bersih. Tinggi saringan pasir ialah 80 cm dan hasil penyaringan 2–5 m^3 air bersih/hari dan per m^2 saringan menurut kebersihan saringan itu. Saringan ini belum dapat menahan kuman-kuman.

Saringan kimia merupakan cara penyaringan dan pengendapan yang paling cepat. Air diberi tawas *(alumen)* sekitar 30 mg/liter, dan sebagai saringan digunakan lapisan pasir dengan butiran ∅ 0.3–0.5 mm. Kemudian untuk mematikan kuman-kuman, air diberi bahan desinfektan, seperti kaporit (kalsium hipoklorit), klor, klor gas, ozon, atau disoroti dengan lampu ultraungu.

Air dari mata air

Penggunaan air dari mata air sebagai air minum harus memenuhi persyaratan seperti air dari permukaan tanah yang telah diuraikan. Supaya mata air bebas tanah, maka ditanami batu kali yang ditutupi dengan tanah liat atau pelat beton sehingga tidak dapat dikotori dari atas, lalu air dialirkan ke penampungan. Lahan yang mengelilingi mata air ditanami rumput dan dipagari, sehingga tidak ada orang atau binatang yang bisa mencemari mulut mata air. Bak penampung tertanam di dalam tanah lengkap dengan lubang pemeriksaan, ventilasi, dan sambungan pipa air minum dan pipa pembersihan sebagai berikut.

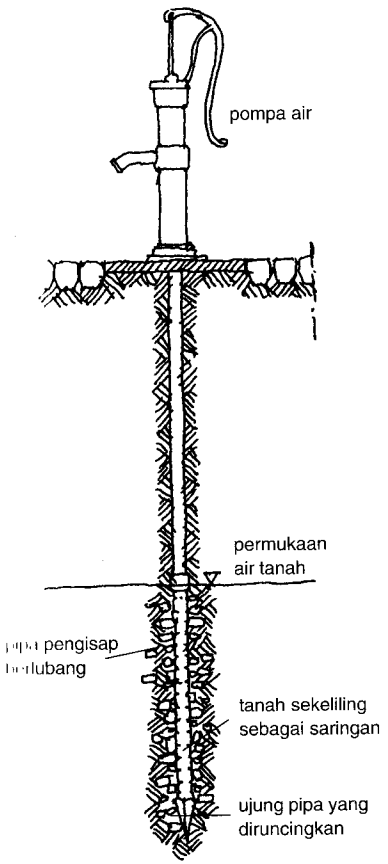


Penampungan mata air dengan bak penampung dan sambungan pipa air

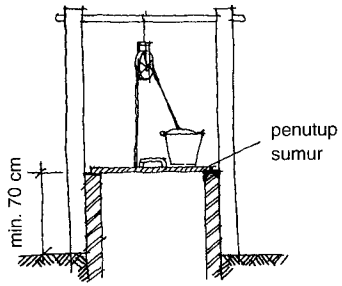
Air tanah

Air tanah sebagai sumber air minum harus sedalam > 3.00 m dari permukaan tanah, dan jarak ke septic tank terdekat harus > 10.00 m (lihat halaman 113) sehingga kebersihan air terjamin. Penggunaan air dari dalam tanah dilakukan dengan penggalian sumur atau dengan pipa pancang.

Sumur yang digali oleh tukang yang ahli dapat dibuat dari bis beton dan batu bata > ∅ 80 cm. Penggalian sumur dengan bis beton mirip dengan fondasi sumur.[83] Dasar sumur harus cukup dalam sehingga tinggi air pada musim kemarau masih > 0.50 m. Dasar sumur dibuat dari kerikil kasar ∅ 30-80 mm setebal 30 cm. Dinding selubung sekeliling sumur harus setinggi ± 70 cm dari permukaan tanah, demi keamanan anak-anak kecil dan binatang ternak. Lubang sumur selalu harus ditutup sehingga air tidak mudah tercemar.



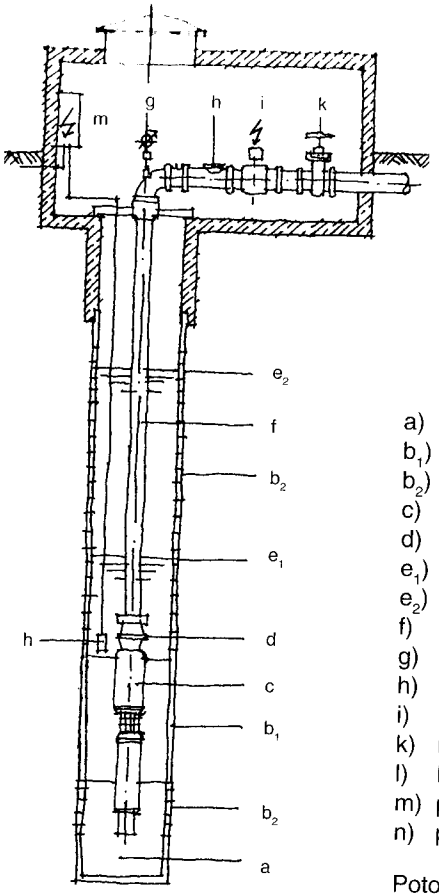
Potongan sumur pompa sederhana



Dinding selubung sumur air tanah

Jika air tanah yang hendak digunakan akan dipompa, maka dapat mengentak pipa pengisap langsung ke dalam tanah. Pipa pengisap ∅ 50-80 mm (2"-3") dan ujungnya tertutup dan diruncingkan. Ujung bawah sepanjang 1.0-3.0 m dilubang-lubangi, sehingga air tanah dapat mengalir ke dalam pipa pengisap. Bagian atas disambung dengan pipa air biasa. Tempat sekeliling sumur selalu harus diplester bersih seperti terlihat pada gambar di sebelah.

[83] Bdk.: Frick, Heinz/Pujo. L Setiawan. *Ilmu konstruksi struktur bangunan.* Yogyakarta: Kanisius, 2001. halaman 63



Potongan pompa selam untuk air tanah[84]

Jika kebutuhan air tanah besar (untuk perusahaan air minum dan sebagainya), maka dapat digunakan sumur yang digali (dengan bis beton) dan yang dilengkapi dengan pompa pengisap air. Dalam hal ini umumnya digunakan pompa selam karena mendorong air ke atas lebih efisien daripada mengisap.

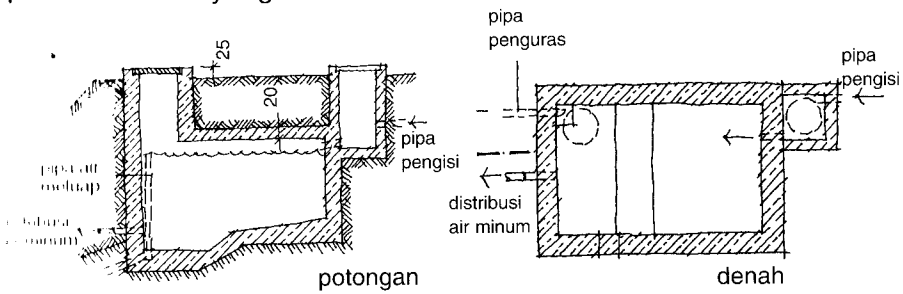
a) penampung endapan
b_1) bis beton tertutup sebagai sumur
b_2) bis beton berlubang sebagai saringan
c) pompa selam
d) pentil balik
e_1) permukaan air tanah terendah
e_2) permukaan air tanah tertinggi
f) pipa air
g) penunjuk tekanan air
h) meteran air
i) katup reduksi tekanan air otomatis
k) katup geser penutup
l) lubang pemeriksaan
m) papan listrik
n) pengatur ketinggian air *(water level control)*

Penampung untuk air minum

Agar aliran air minum dalam pipa distribusi dapat lancar, diperlukan adanya tekanan air, yang dapat disediakan oleh penampung air yang lebih tinggi daripada pengguna (lereng gunung atau menara) atau oleh pompa yang meningkatkan tekanan yang ada. Dalam perencanaan penampung air, harus diperhatikan bahwa tinggi penampung air harus mencukupi kebutuhan (tekanan yang cukup untuk mengalirkan air) minimal 100 kPa (kilo-Pascal) = 10.0 m tinggi menara air. Tinggi yang melebihi 200 kPa akan merusak pemipaan yang kualitasnya umumnya sangat rendah. Isi penampung dapat dihitung dengan rata-rata 500 liter/keluarga per hari (0.5 m^3). Penampung air sebaiknya dibuat dari beton bertulang untuk menjamin kualitas air minum. Di

[84] digambar ulang menurut: Hediger, Herbert. *op.cit.* halaman KW 7

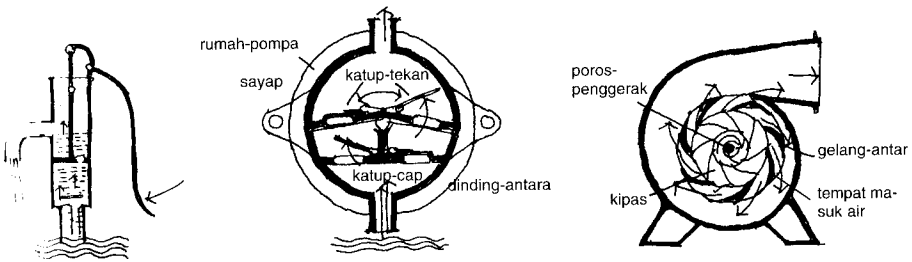
dalam penampung dari baja air akan dihangatkan oleh sinar matahari dan cepat berbau busuk, dan penampung dari poliester berisiko menyebabkan air cepat berlumut, karena cahaya tembus. Hindari bahan PVC untuk penampung air minum, karena PVC yang kena bahan makanan secara langsung diduga mengakibatkan kanker dan gangguan kesehatan yang lain.[85]



Penampungan air dengan sambungan pipa pengisi dan pipa distribusi air

10.2.3 Pompa air[86]

Jika penampung air lebih tinggi daripada sumber air, maka air perlu dinaikkan dengan menggunakan pompa. Pompa selalu dipasang sedemikian sehingga tinggi penaikan (pengisap) jadi sekecil (rendah) mungkin. Pompa air dapat dibagi atas pompa torak atau pompa sayap yang biasanya dikerjakan dengan tangan, dengan keterbatasan menaikkan air < 7.00 m, serta pompa kisaran (pompa sentrifugal) yang biasanya menggunakan mesin listrik atau motor bahan bakar, dengan kenaikan air < 24.00 m.



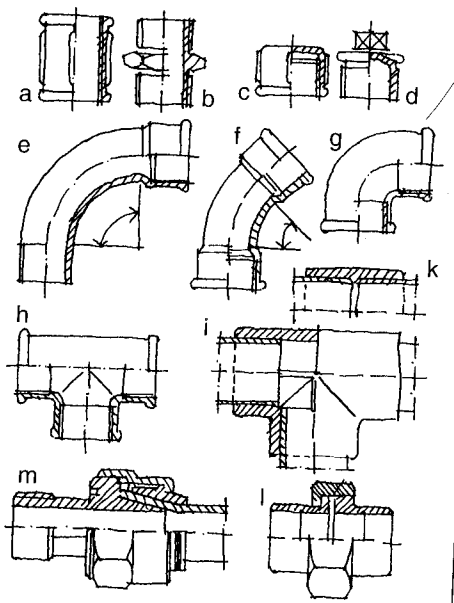
Bdk.: Zwiener, Gerd. *Ökologisches Baustoff-Lexikon.* Heidelberg: Müller, 1994. halaman 255-258
untuk informasi lebih lanjut lihat: Frick, Heinz. *Peralatan pembangunan.* edisi ke-4. Yogyakarta: Kanisius, 2000. halaman 44-49

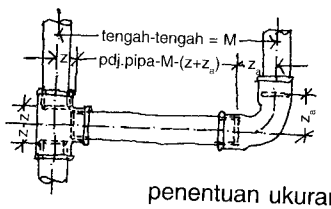
10.2.4 Instalasi air dingin

Dengan instalasi air dingin dimaksudkan instalasi air minum di dalam rumah, yaitu dari meteran air sampai keran masing-masing. Instalasi air dingin harus kuat dan tahan tekanan air. Bahan yang digunakan seperti pipa-pipa, alat-alat sambungan, perekat pada pipa sintetik, dan sebagainya tidak boleh mempengaruhi kualitas atau bau air minum.

Diameter pipa air yang digunakan adalah, untuk 1–2 keran = ∅ ½"; untuk 3–5 keran = ∅ ¾"; dan untuk 6–7 keran air = ∅ 1". Sambungan air pada keran kebakaran (hidran) dipilih ∅ 1 ¾" – 2".

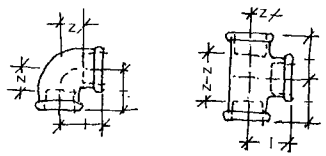
Bahan-bahan pipa yang boleh digunakan untuk aliran air minum itu umumnya pipa baja, pipa tembaga, pipa sintetik dari PE (polietilen), atau di Indonesia sampai sekarang masih juga PVC (polivinilklorida). Jikalau digunakan pipa baja sebagai aliran air minum, pipa jangan dibengkokkan, supaya lapisan galvanis tidak lepas. Selalu harus digunakan pipa penyambung tepat seperti selongsong, sudut *(knie)*, lengkung *(bocht)*, cabang Y atau T, sebagai berikut:





penentuan ukuran pipa

ukuran pipa	ø	½"	¾"	1"
jarak tengah (mm)	l	28	33	38
jarak dalam (mm)	z	15	18	21



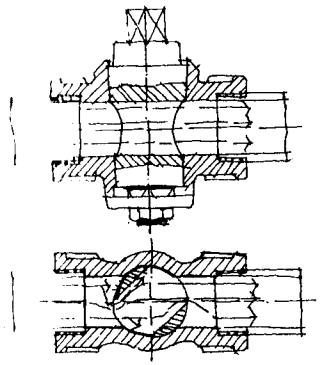
penyambung sudut dan cabang T

Pipa-pipa penyambung

a) selongsong penyambung; b) penyambung lurus; c) penutup; d) pasak; e) penyambung lengkung 90°; f) penyambung lengkung 45°; g) sudut; h) cabang T pipa besi; i) cabang T pipa PVC; k) penyambung lurus pipa PVC; l) penyambung sok; m) penyambung pipa besi dengan pipa PE

Golongkapan pipa air dapat dibagi atas tiga golongan sesuai cara bekerjanya, yaitu katup putar, katup geser, dan keran sebagai berikut:

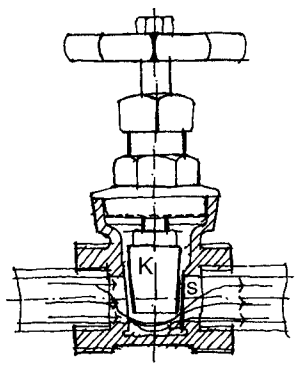
Katup putar digunakan terutama untuk mematikan seluruh aliran air. Katup putar biasanya dikonstruksi sehingga tekanan air 1 MPa (mega Pascal). Harus diperhatikan bahwa katup putar hanya boleh dipakai dalam keadaan terbuka atau tertutup sempurna. Jika katup putar dibiarkan setengah terbuka atau setengah tertutup, arus air sangat terganggu sehingga oleh tekanan air tinggi katup putar cepat rusak sehingga tidak dapat lagi mematikan aliran air.



Katup putar
potongan vertikal (keadaan terbuka)

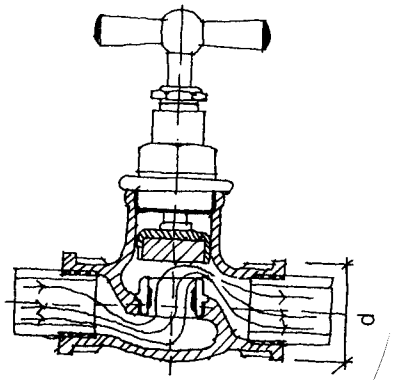
Katup putar
potongan horizontal (keadaan setengah terbuka)

Katup geser seperti katup putar digunakan terutama untuk mematikan aliran air. Katup geser biasanya dikonstruksi sehingga tahan sampai dengan 3 MPa untuk diameter pipa ⅜"–3". Pekerjaannya dilakukan oleh sebuah baji (K) yang tergeser dalam alur (S). Katup geser lebih sederhana dan lebih tahan lama daripada katup putar, jikalau air yang dialirkan tidak mengandung pasir halus dan sebagainya yang merusak baji. Harus diperhatikan, bahwa katup geser hanya boleh dipakai dalam keadaan terbuka atau tertutup sempurna.

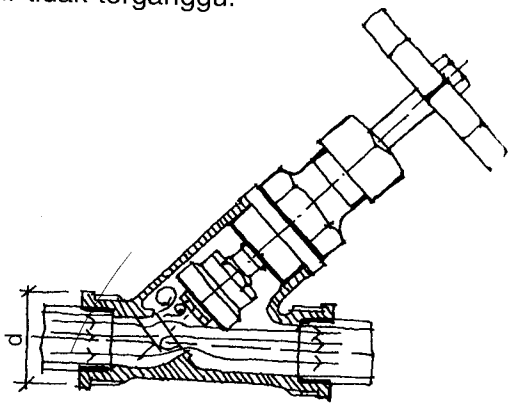


Katup geser
potongan vertikal (keadaan setengah terbuka)

Keran tidak hanya cocok untuk mematikan aliran air, melainkan juga untuk mengatur banyaknya air yang diperlukan. Keran dapat dibagi atas keran tegak dan keran miring. Keran dapat dipasang dalam satu arah saja disesuaikan dengan arah aliran air. Arah yang seharusnya ditentukan dengan tanda mata panah pada rumah keran. Dengan mem perhatikan arus air keran siku dan keran miring, dapat dilihat bahwa keran siku lebih mengganggu arus air dibandingkan dengan keran miring yang arus airnya hampir tidak terganggu.

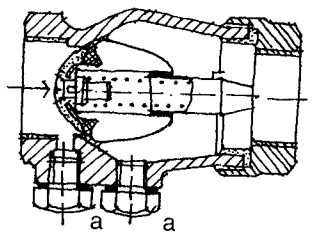


Keran siku (potongan vertikal)

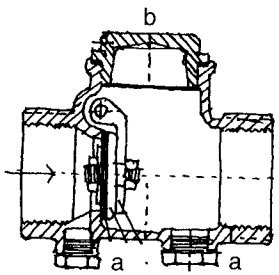


Keran miring (potongan vertikal)

Katup balik menghindari air mengalir dalam arah yang tidak diinginkan, misalnya pipa yang mengisi penampung air dapat mengisap air keluar penampung air jika tekanan air menghilang. Sebetulnya sesudah meteran air selalu harus dipasang katup balik supaya air yang sudah masuk pemipaan air rumah tidak dapat mengalir kembali. Pada peralatan seperti ketel atau alat pemanas air, katup balik menghindari air panas mengalir kembali pada pipa air dingin dan sebagainya. Katup air terdapat dengan kerucut dari bahan sintetik atau dengan katup biasa sebagai berikut:



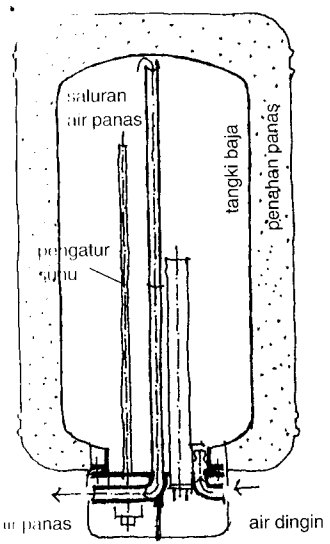
Katup air dengan kerucut dari bahan sintetik: a) lubang pembersihan



Katup air dengan katup biasa: a) lubang pembersihan; b) penutup lubang untuk mengganti ring karet

10.2.5 Instalasi air panas

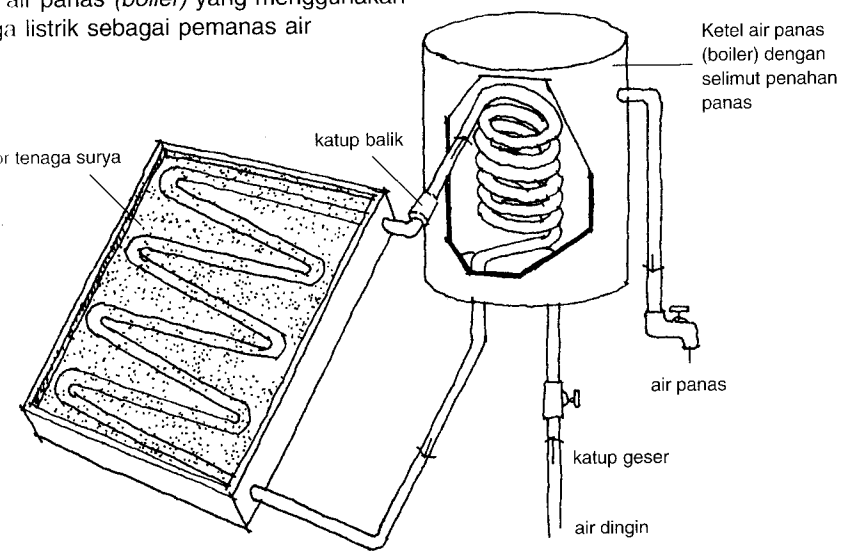
Pada halaman 121 telah ditentukan kebutuhan air bersih rata-rata setiap orang di Indonesia 80–150 liter per hari. Penggunaan air ini hampir 100% air dingin, walaupun di perumahan pada daerah pegunungan dan di perhotelan berbintang makin lama makin banyak disediakan fasilitas air panas.



Oleh karena itu juga di Indonesia kamar mandi makin banyak menggunakan air panas. Persiapan air panas dapat dilakukan dengan dua sistem, yaitu dengan ketel air panas *(boiler)* atau dengan alat pemanas air *(geyser, continuous water heater)*.

Ketel air panas *(boiler)* terdiri dari suatu tangki baja dengan lapisan penahan panas. Di dalam ketel air dipanaskan dan disimpan sampai dipakai. Untuk memanaskan air, biasanya digunakan tenaga listrik atau tenaga matahari.

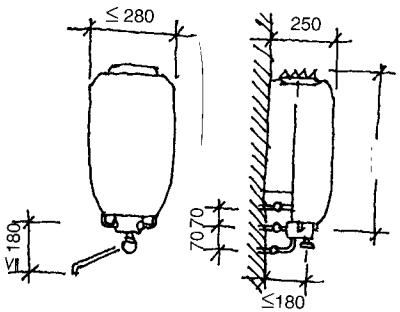
Ketel air panas *(boiler)* yang menggunakan tenaga listrik sebagai pemanas air



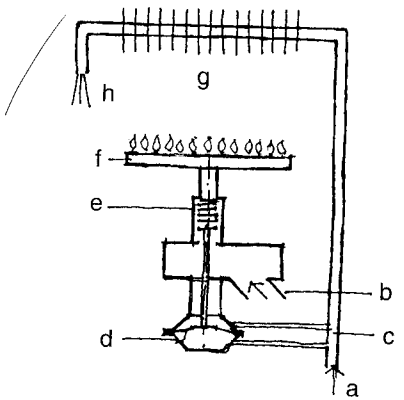
Ketel air panas yang menggunakan tenaga surya sebagai pemanas air

Alat pemanas air *(geyser, continuous water heater)* biasanya menggunakan tenaga gas. Pada alat pemanas air, air yang mengalir dipanaskan dalam alat tersebut dan diatur demikian rupa supaya pemanasan selalu berlangsung dalam saluran air yang tertutup. Jika diinginkan air panas memancar dari alat pemanas air, pertama keran gas membuka. Kemudian di muka pipa venturi akan terjadi tekanan tinggi yang disebabkan oleh arus air, sedangkan dalam bagian yang diciutkan terjadi tekanan hampa. Gas akan mengalir ke pembakar, di mana gas itu dinyalakan oleh nyala api *(gas pilot flame)*. Gas kemudian memanaskan air yang mengalir melalui alat penukar kalor panas.

Dengan berhentinya aliran air, perbedaan tekanan pada membran akan hilang, sehingga pegas katup gas yang dikendalikan oleh air menutup pemasukan gas dan pembakar akan padam.



Pandangan alat pemanas air



Skema prinsip alat pemanas air

a) pemasukan air dingin; b) pemasukan gas; c) pipa venturi; d) pengaman dengan membran yang menghindari alat pemanas air dapat nyala tanpa tekanan air dingin; e) katup gas yang dikendalikan oleh air dingin yang masuk; f) pembakar gas; g) alat penukar panas; h) pengguna air panas

Sistem air panas di dalam rumah biasanya sederhana sekali, karena alat pemanas air dapat dipasang langsung pada tempat penggunaannya. Pada gedung yang lebih besar sebaiknya digunakan ketel air panas dengan sistem pemipaan, yang menjamin agar air panas dapat mengalir ke sekeliling, entah dipakai atau tidak. Sistem ini menguntungkan, karena air panas selalu mengalir cepat kalau keran dibuka. Jangan menggunakan pipa PVC untuk distribusi air panas.

10.2.6 Perencanaan instalasi air dan simbol-simbol saniter

Pada perencanaan instalasi saniter (instalasi air) dalam sebuah gedung digunakan simbol-simbol seperti berikut.

Warna dan garis simbol	Simbol	Jenis pipa air
coklat atau garis 1.2 mm tebal	▬▬▬	pipa air limbah yang vertikal
coklat atau garis 0.8 mm tebal	———	pipa air limbah berhubungan dengan alat saniter yang horizontal
oranye atau garis putus pendek-pendek 0.3 mm tebal	- - - - - -	sistem pengudaraan pipa air limbah
hijau atau garis 0.3 mm tebal	———	pipa air dingin
merah muda atau garis putus titik pendek 0.3 mm tebal	- - - - - -	pipa air panas
merah tua atau garis putus titik panjang 0.3 mm tebal	- - - - - -	pipa air panas sirkulasi

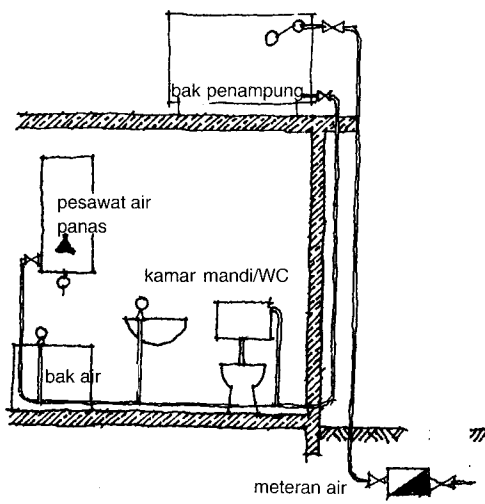
Simbol-simbol primer			
○	pentil	⟶	arus air mengalir
⊓	katup	-o-	slang
⊔	katup geser	△	pancuran
▽	katup putar	◩	meteran air
|	sambungan uliran/perekat	▲	gas
‖	kerah (flensa)	ϟ	tegangan listrik

Simbol-simbol sekunder			
—+—	pipa bersambung uliran/perekat	⊓	katup geser bersambung ulir
—‖—	pipa bersambung kerah	▽	katup putar bersambung ulir
—‖—	pipa bersambung sok	⊠	katup balik
⊥	penyambung siku	⊙	keran bersambung ulir
⊥	penyambung lengkung	◓	keran reduksi tekanan air

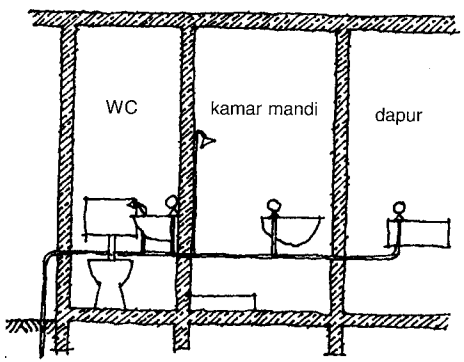
Simbol-simbol sekunder			
	pipa penyambung cabang T		keran otomatis dengan pelampung
	pipa penyambung kerah		keran air
	pipa tanah liat (keramik)		saringan
	pipa penyambung cabang Y untuk pipa tanah liat		corong
	reduksi perlawanan arus air untuk pipa tanah liat		pompa air
	penyambung lurus pipa serat-semen		sungkup pengisapan

Perencanaan distribusi air minum dalam rumah tinggal

Perencanaan distribusi air minum dalam rumah tinggal dapat dilakukan dalam denah, tetapi selalu harus dilengkapi potongan. Pada prinsipnya, terdapat dua sistem, yaitu hubungan langsung dengan pipa PAM, atau lewat penampung air di antara pipa PAM dan pengguna (demi keamanan jika air PAM tidak mengalir). Sesudah meteran air selalu perlu dipasang katup geser atau katup putar serta katup balik. Instalasi air selanjutnya dapat dipelajari pada contoh sederhana berikut:



Distribusi air dengan bak penampung

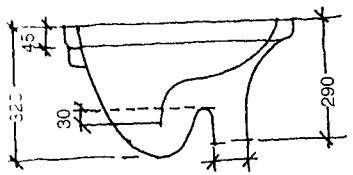


Distribusi air secara langsung

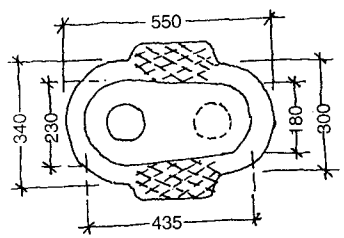
10.2.7 Alat-alat perlengkapan saniter

Alat-alat perlengkapan saniter, yang akan digambar dengan ukuran ukuran di bawah ini, tidak memperlihatkan semua alat saniter, melainkan hanya beberapa alat saniter yang umum dengan kebutuhan ruang terkait.

Kloset jongkok



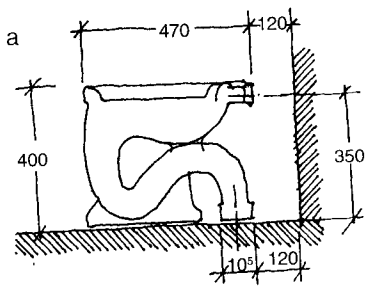
Pandangan samping

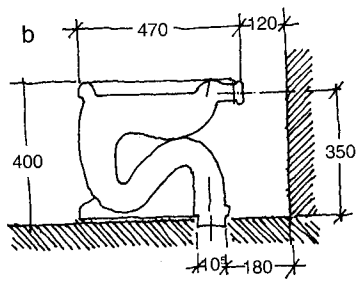


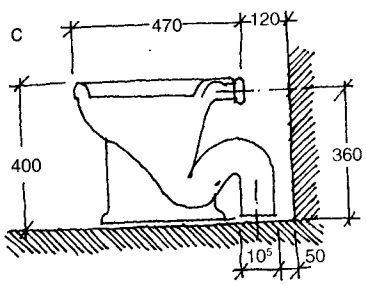
Denah

Kloset jongkok dengan leher angsa

Kloset duduk

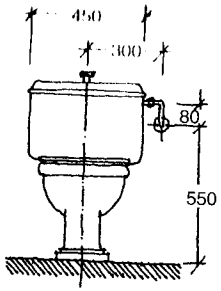




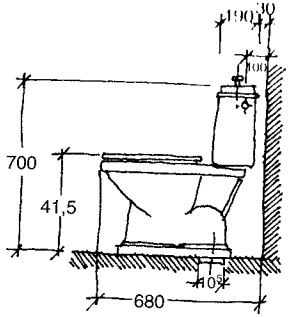


a) Kloset duduk menggurah biasa (potongan dengan leher angsa terbuka)
b) Kloset duduk menggurah biasa (potongan dengan leher angsa tersembunyi)
c) Kloset duduk menggurah dalam (potongan dengan leher angsa terbuka)

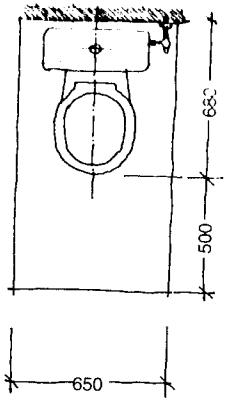
Kloset duduk biasa



Pandangan muka

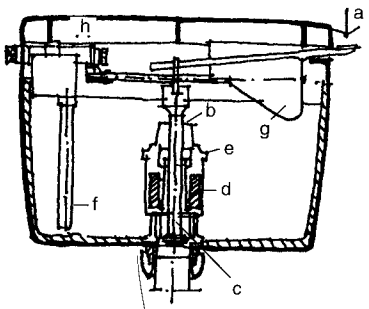


Pandangan samping



Denah

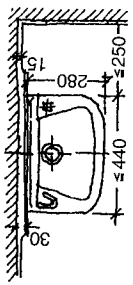
Kloset duduk monoblok



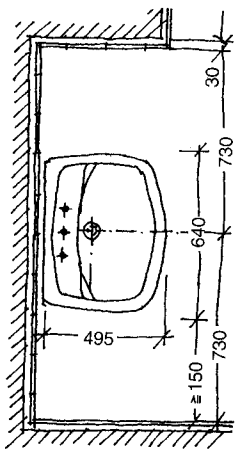
a) gagang penggelontor;
b) pipa pelimpah; c) katup;
d) pelampung rem; e) pipa rem;
f) pipa pengisi;
g) bola pelampung;
h) katup penutup otomatis

Potongan tangki penggelontor

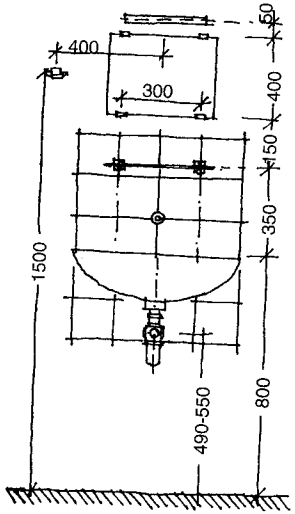
Wastafel



Wastafel kecil
(cuci tangan)

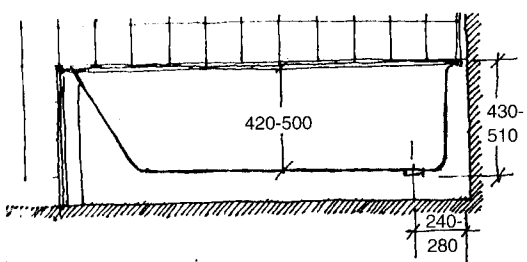


Wastafel biasa
(kamar mandi)

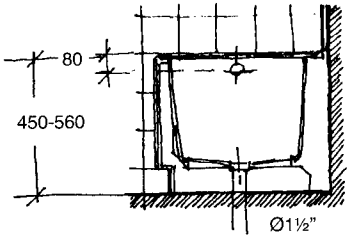


Pandangan depan

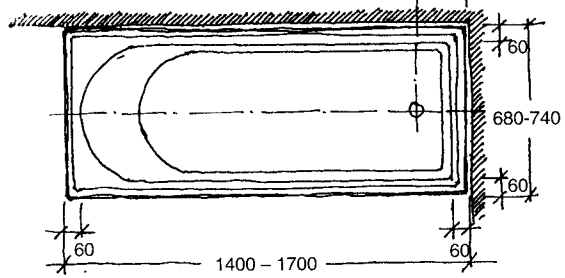
Kulah mandi dan kulah pancuran *(bath-tube and shower-tray)*



Potongan memanjang

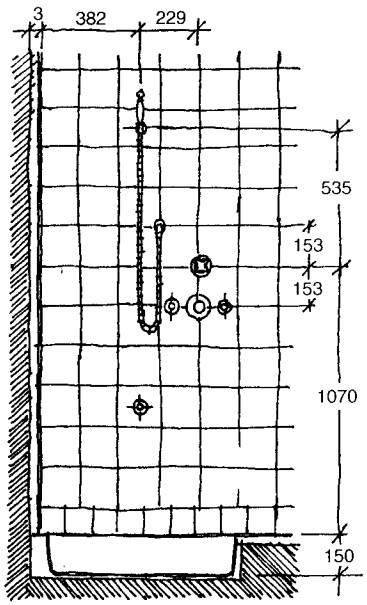


Potongan melintang

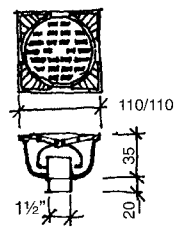


Denah
Kulah mandi

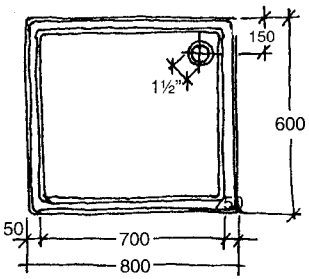
Setiap kamar mandi, cuci, dan sebagainya harus dilengapi dengan saluran keluar *(floor drain)* yang sebaiknya dilengkapi dengan leher angsa guna menghindari bau dan masuknya kecoak.



Potongan kulah pancuran



Denah
Potongan
Saluran keluar
(floor drain)

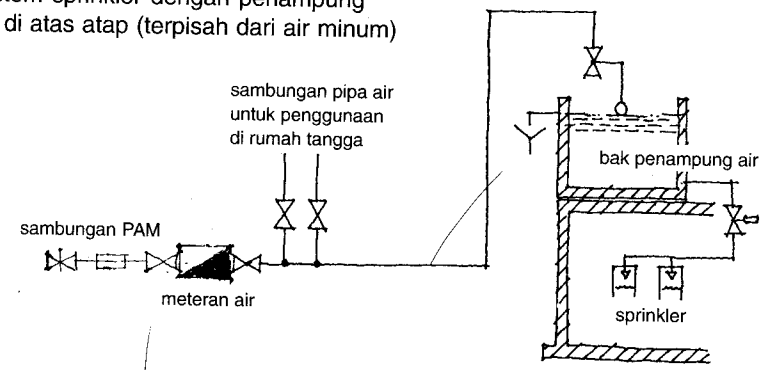


Denah kulah pancuran

Perlengkapan pemadam kebakaran

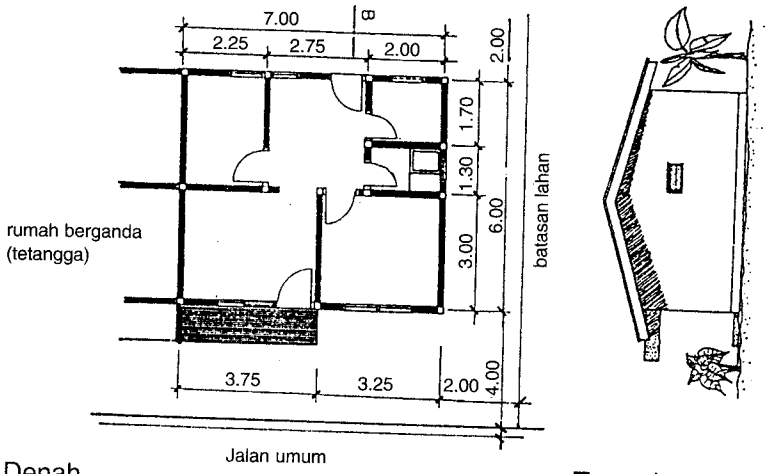
Sebagai perlengkapan pemadam kebakaran dapat dilakukan dua sistem, yaitu dengan hidran (keran air 2"-4" dengan tekanan tinggi untuk menyemprot air dengan pipa pancaran) atau dengan sistem sprinkler (menyemprot air lewat pancaran yang dipasang pada langit-langit). Karena tekanan tinggi pada pipa air sulit dijamin di Indonesia, maka sistem sprinkler lebih menguntungkan karena berfungsi juga dengan penampung air di atas atap dan air dapat mengalir otomatis. Sistem sprinkler tidak boleh dipasang langsung pada pemipaan air minum.

Sistem sprinkler dengan penampung air di atas atap (terpisah dari air minum)



Tugas 6:

Merencanakan pemasangan pipa saluran air limbah dan distribusi air minum (PAM) untuk rumah sederhana (berganda) berikut:



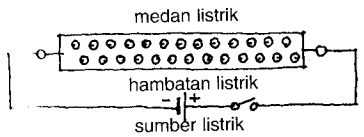
10.3 Instalasi listrik

10.3.1 Pengertian dan fungsi listrik dan instalasi listrik

Listrik merupakan energi yang dapat diubah menjadi energi lain, menghasilkan panas, cahaya, kimia, atau gerak (mekanik).

Akibat listrik

Akibat panas:



arus listrik

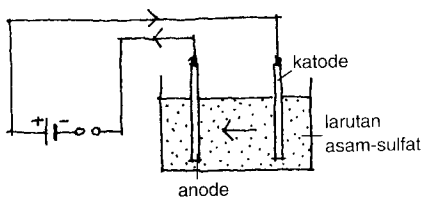
sumber listrik

konduktor

Setiap penghantar listrik (konduktor) yang dihubungkan pada sumber listrik membentuk suatu arus listrik. Menurut beda potensial antara kedua hantaran, kuat arus listrik yang mengalir dan lamanya arus mengalir akan menghasilkan panas. Energi listrik menjadi energi panas. Dengan memutuskan aliran listrik, akibat panas menghilang.

Akibat panas pada arus listrik

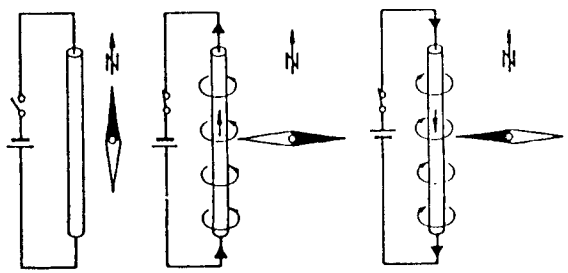
Akibat kimia:



Setiap aliran listrik dengan arus searah yang dialirkan dari katode lewat larutan asam sulfat ke anode akan menurunkan ion logam dari katode yang akan mengendap pada anode. Cara ini dapat menghasilkan tembaga murni atau melapisi pelat besi dengan seng (galvanisasi).

Akibat kimia (galvanisasi)

Akibat magnetis:

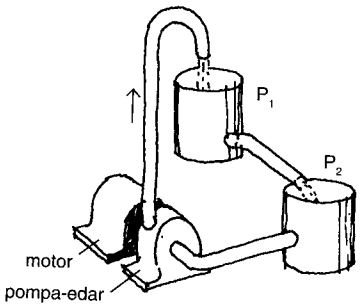


Di sekeliling setiap hantaran listrik terbentuk suatu medan magnetis, yang, jika dibayangkan dalam arah hantaran listrik, berjurusan searah dengan jarum jam.

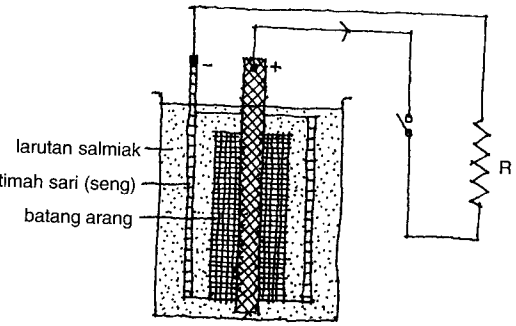
Akibat (medan) magnetis

Peredaran listrik (elektro-dinamika)

Elektro-dinamika dapat disamakan dengan hidro-dinamika. Peredaran air dapat dibandingkan secara langsung dengan peredaran listrik sebagai berikut:



Peredaran air (hidro-dinamika)



Peredaran listrik (elektro-dinamika)

Berdasarkan gambar-gambar tersebut di atas, dapat ditentukan: Tekanan air dalam elektro-dinamika sejalan dengan tegangan listrik = volt (V). Banyaknya air dalam elektro-dinamika sejalan dengan arus listrik = ampere (A), dan penggunaan air dalam elektro-dinamika sejalan dengan tahanan = ohm (Ω).

Hukum ohm menentukan:

$V = R \cdot I$

dengan keterangan: V = tegangan (beda potensial) = volt (V)
I = kuat arus = ampere (A)
R = tahanan = ohm (Ω)

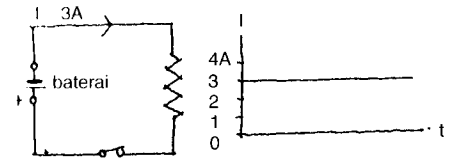
Definisi-definisi: **1 volt** = potensial listrik yang diperlukan untuk mengalirkan 1 A (ampere) arus listrik melalui suatu hantaran dengan tahanan 1 ohm.

1 ampere = kekuatan arus dan satuan ukuran untuk aliran arus. Kekuatan arus ditentukan dengan membagi jumlah volt dengan jumlah ohm. 1 ampere dapat disamakan dengan kekuatan listrik yang di dalam cairan peraknitrat dalam satu detik mengakibatkan 0.001118 g endapan perak.

1 ohm = tahanan listrik, dapat disamakan dengan tahanan listrik yang dapat diukur pada suatu pipa rambut seluas 1 mm² dengan panjang 106.3 cm berisi air raksa pada suhu 0°C.

Jenis-jenis listrik dan saluran tenaga listrik

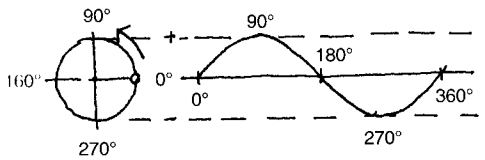
Arus searah:



arah aliran listrik tidak berubah, tegangan yang searah, dari kutub yang satu ke kutub yang lain, seperti arus listrik pada aki atau sel surya.

Listrik arus searah

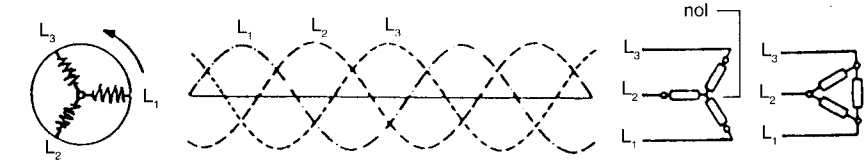
Arus bolak-balik:



arus listrik yang tegangan dan arahnya berganti-ganti secara berkala. Pada listrik biasanya arus bolak-balik dipilih frekuensi 50 hertz (Hz), berbentuk sinus.

Listrik arus bolak-balik

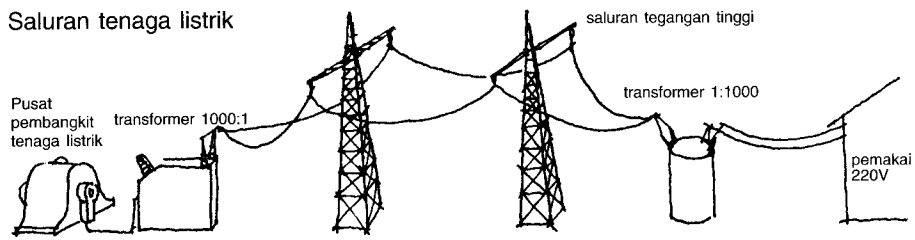
Arus tiga fase L_1, L_2, dan L_3: tiga arus bolak-balik yang sama besar dengan perbedaan fase satu sama lain sebesar 120° memiliki sifat bahwa jumlah arus atau tegangannya pada tiap saat sama dengan nol. Untuk pengantarnya diperlukan tiga hantaran fase dan hantaran nol, bila digunakan hubungan bintang atau segitiga. Arus tiga fase digunakan untuk gerakan (motor, dinamo).



Listrik arus tiga fase dengan perbedaan 120° dan hubungan bintang/segitiga

Saluran tenaga listrik dari pusat pembangkit tenaga listrik ke tempat pemakaian yang dekat atau jauh diselenggarakan dengan saluran tegangan tinggi untuk jarak jauh 150–500 kV, jaringan saluran tegangan menengah di dalam kota 20 kV misalnya, dan jaringan saluran tegangan rendah 220 V di kampung atau bagian kota masing-masing.

Saluran tenaga listrik



10.3.2 Bagian-bagian instalasi istrik

Pengertian istilah listrik dasar

Simbol	Nama	Satuan ukuran	Contoh
V	Volt	beda potensial listrik	batu baterai 1.5 V instalasi rumah tinggal 220V
A	Ampere	kuat arus listrik	sekering/pengaman arus listrik rumah tangga 6 A
W	Watt	daya listrik	bola lampu 40 W tabung fluoresensi 20 W
V/m	Volt / meter	kuat medan listrik	kuat medan listrik di bawah saluran tegangan tinggi dapat mencapai 7'000 V/m
T	Tesla	kuat medan magnetis	kuat medan magnetis dari bumi ± 50 μT (T = Vs/m²)
Hz	Hertz	frekuensi	jaringan listrik 50 Hz

Simbol bahan instalasi listrik yang digunakan pada perumahan

Simbol	Warna dan garis simbol	Jenis hantaran
—+—+—+—	warna biru garis bersimbol	hantaran instalasi penerangan
—++—++—	warna merah garis bersimbol	hantaran instalasi alat atau mesin listrik
—o—o—	warna coklat garis bersimbol	hantaran instalasi bel
—oo—oo—	warna hijau garis bersimbol	hantaran instalasi telepon
∩ooo—	warna ungu, kawat untuk memancar/menerima gelombang	hantaran instalasi antena
	warna berbeda, garis utuh	hantaran
—·—·—·—	warna berbeda, garis putus titik	hantaran tertanam
(o)	warna berbeda, garis utuh, simbol pipa (o)	hantaran dalam pipa
0 //// 1.5	warna berbeda, garis utuh, simbol penghantar 0 serta 4 garis melintang dengan ∅ dalam mm	hantaran berkutub empat ∅ 1.5 mm² dengan penghantar nol

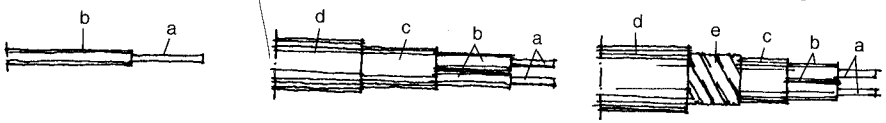
Simbol	Nama benda	Keterangan
	hantaran naik ke atas	
	hantaran turun ke bawah	
	hantaran jalan terus	
	sakelar satu kutub	Digunakan untuk melayani satu lampu (satu fase) dengan memutuskan salah satu hantaran
	sakelar dua kutub	Digunakan untuk melayani satu lampu dengan memutuskan dua fase/hantaran
	sakelar tiga kutub	Digunakan untuk menghubungkan/memutuskan hantaran tiga fase
	sakelar deret (seri)	Digunakan untuk melayani dua lampu (nyala semuanya, mati semuanya, mati/padam salah satu)
	sakelar tukar (hotel sakelar)	Digunakan pada rumah bertingkat. Suatu lampu dapat dilayani dari tingkat bawah atau dari tingkat
	stopkontak	Digunakan untuk tempat penyambung/pengambilan arus listrik dari alat-alat listrik
o	sakelar tombol jari	Digunakan untuk melayani bel dsb.
	sekering	Digunakan untuk membatasi pemakaian arus listrik sebagai alat pengamanan
CA	meter listrik (kWh meter)	Digunakan untuk mengetahui pemakaian daya listrik kilowatt-jam
×	lampu bola	Pemasangan pada langit-langit
	lampu bola	Pemasangan pada dinding
	lampu neon	lampu neon tunggal
	lampu neon	lampu neon ganda

Penentuan ukuran hantaran

Ukuran-ukuran hantaran dari tembaga berdasarkan kekuatan arus dan kebutuhan tenaga. Garis tengah kawat masing-masing dalam mm² memungkinkan beban kekuatan arus dalam ampere (A) sebagai berikut.[87]

Ukuran hantaran dari tembaga	Kekuatan arus maksimal
1.5 mm² 2.5 mm² 4 mm² 6 mm²	16 A 20 A 25 A 35 A
10 mm² 16 mm² 25 mm² 35 mm²	50 A 63 A 80 A 100 A

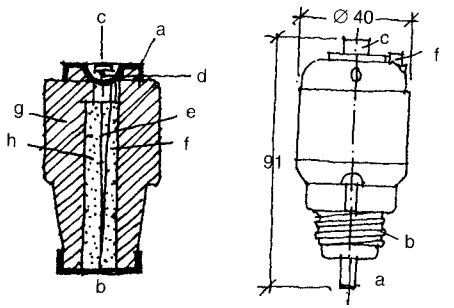
Sebagai hantaran dapat digunakan kawat tembaga atau kabel (kawat tembaga tipis yang terjalin menjadi tali) dengan selimut dari bahan karet atau sintetik. Biasanya kawat digunakan untuk instalasi tetap, sedangkan kabel yang fleksibel untuk sambungan beralatan bergerak.



Kawat listrik NYA — Kawat ganda NYM — Kawat ganda NYRUZY

a) kawat tembaga (N = penghantar listrik); b) selimut kawat (Y = sintetik, biasanya PVC, R = karet); c) bahan pengisi; d) selimut pengaman (M); e) selimut pembumi dari kawat kasa seng untuk meniadakan medan listrik

Sekering



a) kontak kepala; b) kontak kaki;
c) tanda berwarna; d) per;
e) hantaran leburan;
f) pemberi tanda putus hantaran;
g) badan sekering porselen;
h) isian pasir kuarsa

kiri: potongan sekering biasa
kanan: sekering otomatis

[87] Bdk.: Volger/Laasch. *Haustechnik.* edisi ke-9. Stuttgart: Teubner, 1994. hlm. 385

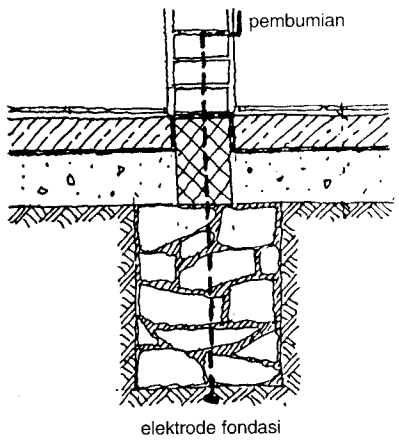
Kekuatan sekering	warna kepala	Tahan lebih dari 1 jam	Tahan paling lama 1 jam	Tahan lebih dari 10 detik	Tahanpaling lama 10"
4 A*	coklat	1.5 × In°	2.1 × In	2.5 × In	2.75 × In
6 A*	hijau	1.5 × In	1.9 × In	2.5 × In	2.75 × In
10 A	merah	1.5 × In	1.9 × In	2.5 × In	2.75 × In
16 A	abu-abu	1.4 × In	1.75 × In	2.5 × In	2.75 × In
25 A	kuning	1.3 × In	1.6 × In	2.5 × In	2.75 × In

* kekuatan sekering 4 A dan 6 A adalah khusus untuk rumah kediaman
° dengan In sebagai tahanan yang tercatat pada sekering.

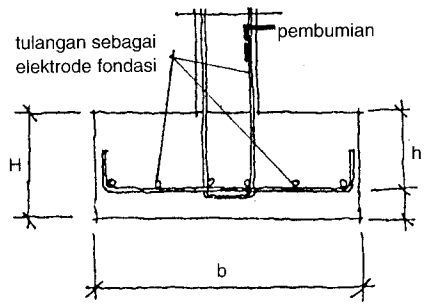
Pembumian *(earth terminals)*

Pembumian (hubungan ke tanah) tidak hanya perlu pada perlindungan terhadap petir (lihat halaman 37) melainkan juga pada instalasi listrik di rumah kediaman sebagai pembumian keamanan (korsleting) dan pengimbalan potensial. Secara konstruktif pembumian sebaiknya dibuat secara elektrode fondasi di mana tulangan fondasi atau batang 20×3 mm/kawat ∅ 6 mm tembaga/aluminium ditanamkan di bawah kaki fondasi.

Elektroda fondasi kemudian dihubungkan langsung ke semua peralatan listrik dan konstruksi baja pada gedung. Pembumian keamanan dilarang dipasang melewati sebuah sekering atau sakelar yang dapat memutus saluran listrik. Pada instalasi listrik setiap stopkontak dilengkapi pembumian. Kawat listrik yang digunakan sebagai saluran pembumian selalu berwarna kuning/hijau berganti-ganti.



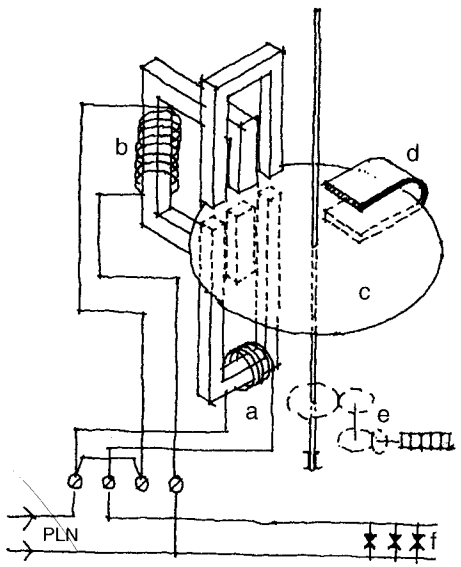
Fondasi lajur (batu kali atau beton berbatu) dengan elektrode fondasi di bawah kaki fondasi



Fondasi lajur beton bertulang di mana tulangan fondasi langsung berfungsi sebagai elektrode fondasi

Meter listrik

Meter listrik dipergunakan untuk mengukur pemakaian energi listrik kWh yang diberikan oleh PLN (Perusahaan Listrik Negara) kepada pemakai. Meter listrik bekerja sebagai berikut:

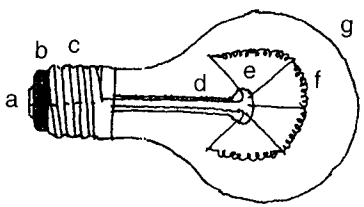


Pada meter listrik terdapat 3 buah kumparan, yaitu dua buah kumparan arus yang disambung seri dan sebuah kumparan tegangan. Kumparan ditempatkan sedemikian sehingga pada saat meter dibebani arus yang mengalir pada kumparan arus dan tegangan pada kumparan tegangan akan menimbulkan pasangan gaya tolak dan gaya tarik terhadap piringan aluminium. Pasangan gaya tarik dan gaya tolak ini menyebabkan terjadinya gaya kopel, sehingga piringan aluminium memutar. Putaran ini dialihkan oleh roda gigi, memutarkan angka pemakai listrik. Magnet rem akan mengatur putaran piringan sesuai dengan pemakaian.

a) kumparan arus
b) kumparan tegangan
c) piringan aluminium
d) magnet rem
e) alat hitung (roda gigi)
f) pemakai

Lampu pijar

Dalam lampu pijar (bola lampu) yang diisi gas terdapat kawat wolfram ∅ 0.01 mm yang menjadi sangat panas oleh aliran listrik dan memijar sampai putih. Kawat wolfram itu terpasang pada sepotong kaca penahan berupa kawat dan ujungnya dihubungkan dengan kawat yang lebih tebal. Lampu pijar seharusnya tahan ±1'000 jam.

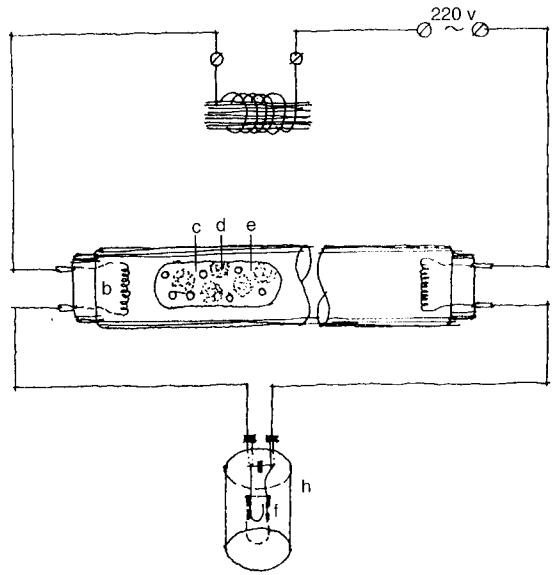


a) pelat kontak kaki lampu
b) isolasi kaki lampu
c) kaki lampu berulir (kontak kedua)
d) kaca penahan
e) penunjang kawat pijar
f) kawat wolfram berspiral ganda
g) balon (bola) terisi gas

Lampu neon (tabung fluoresensi)

Lampu neon sebenarnya merupakan tabung fluoresensi. Lampu ini terdiri dari tabung pelepasan gas, yang dengan cara khusus hasil cahayanya ditingkatkan sedemikian sehingga dapat dipergunakan sebagai penerangan. Tabung diisi uap air raksa dan bagian dalam adalah lapisan yang terdiri dari garam-logam yang berpendar atau garam-logam yang pendar fosfor.

Tubrukan antara elektron yang dikirimkan oleh elektrode pijar dengan atom uap air raksa mengakibatkan atom air raksa memancarkan sinar, yang ± 60% terdiri dari sinar ultraungu yang tidak dapat dilihat dengan mata manusia. Bagian cahaya yang dapat dilihat terletak pada frekuensi hijau dan biru dan memberikan cahaya yang pucat. Dengan menggunakan bahan berpendar yang sesuai, cahaya tabung fluoresensi dapat diwarnai putih dingin (tw), putih (nw), dan kuning (ww).



a) Kumparan hambar;
b) katoda pijar;
c) isian uap air raksa;
d) sinar ultraungu yang tidak kelihatan;
e) elektron yang membangkitkan sinar ultraungu dari atom air raksa;
f) cahaya klop dengan hubungan singkat logam ganda;
g) kondensor terhadap bantutan (gangguan radio dsb.);
h) starter (kondensor)

Skema tabung fluoresensi

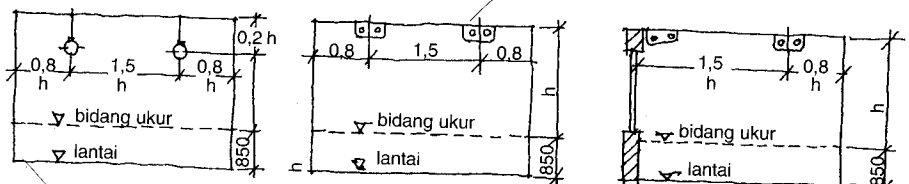
Standar penerangan buatan oleh lampu pijar/tabung fluoresensi

tuntutan sangat sederhana	tuntutan sederhana	tuntutan sedang	tuntutan tinggi	tuntutan sangat tinggi
lampu malam di luar gedung	gudang, WC (kamar kecil)	kamar mandi, kamar tidur	ruang hidup, ruang kerja, dapur, dan sebagainya	
30-60 Lux	60-120 Lux	120-150 Lux	250-500 Lux	600-1000 Lux

Pencahayaan buatan, kesatuan dan keterkaitannya

Nilai fisika radiasi	Kuantitas dan simbol	Kesatuan	Keterkaitan
aliran radiasi	fluks cahaya ϕ	Lumen (lm)	1 lm = 1 cd · 1 sr
intensitas sinar	intensitas cahaya I	Candela (cd)	1 cd = penerangan steradian (r = 1.0 m) dengan 1 lx
intensitas radiasi	intensitas iluminasi E	Lux (lx)	1 lx = 1 lm/m²
penerangan dalam ruang	sudut tiga dimensi pada bola ω	Steradian (sr)	$1sr = \frac{4\pi.r^2}{4\pi}$

Penentuan jarak-jarak terbaik untuk penempatan penerangan buatan oleh lampu pijar/tabung fluoresensi:

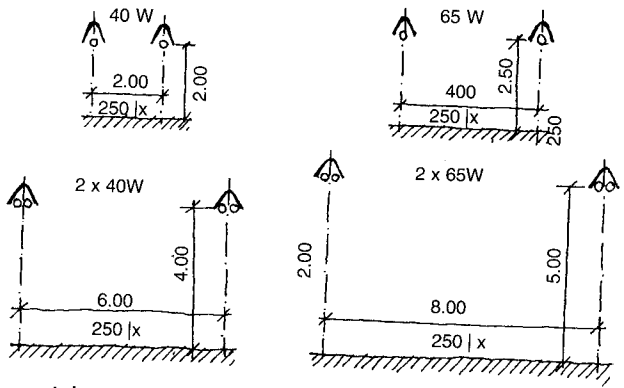


penempatan lampu pijar

penempatan tabung fluoresensi tegak terhadap jendela

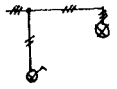
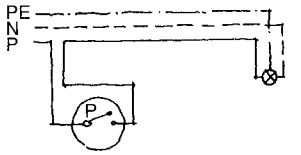
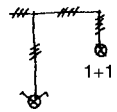
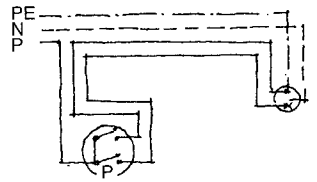
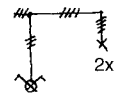
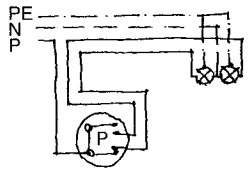
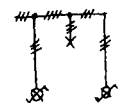
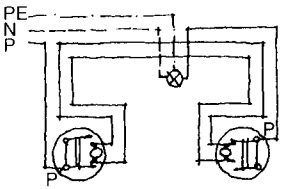
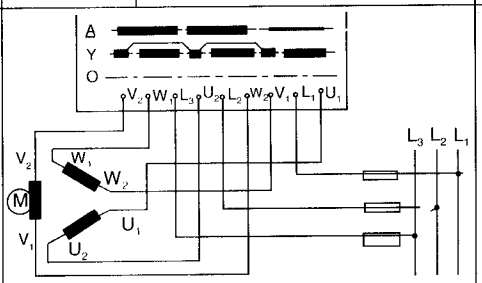
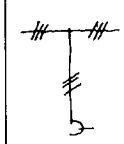
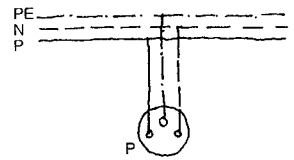
penempatan tabung fluoresensi sejajar terhadap jendela

Intensitas iluminasi dalam suatu ruangan tergantung pada ketinggian lampu di atas bidang kerja dan daya listrik yang digunakan lampu tersebut. Contoh berikut berdasarkan intensitas iluminasi 250 lx dengan tabung fluoresensi ∅ 26 mm, warna putih netral (nw).



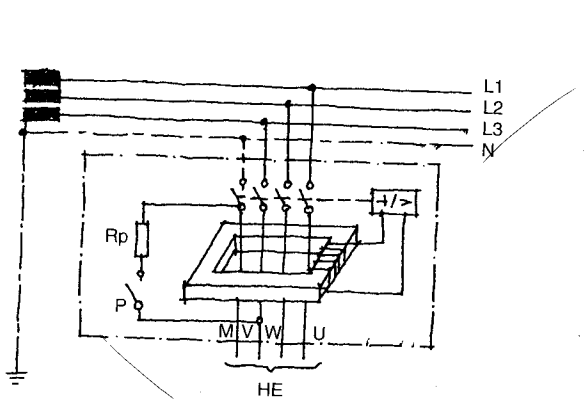
Penggantungan tabung fluoresensi berkisi di atas bidang bekerja dengan jarak masing-masing 2.0, 4.0, 6.0, dan 8.0 m.

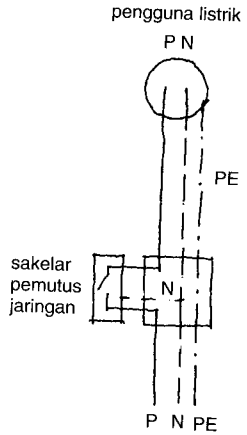
10.3.3 Perencanaan instalasi listrik (penerangan)

Hubungan listrik	Skema	Gambar kerja	Keterangan
sakelar kutub satu			melayani satu lampu dan sebagainya dengan memutuskan satu hantaran
sakelar kutub dua			melayani satu lampu dan sebagainya dengan memutuskan dua hantaran
sakelar deret (seri)			melayani 2 lampu lampu dan sebagainya (dapat dinyalakan 1 atau 2 lampu) dengan memutuskan 1 hantaran
sakelar tukar			melayani satu lampu dari dua sakelar (ruang dengan dua pintu) dengan memutuskan satu hantaran
sakelar bintang-segitiga			menghidupkan mesin arus tiga fase dengan tenaga listrik 4 kW atau lebih (mengatur saluran listrik)
stopkontak			tempat penyambung/pengambilan arus listrik untuk peralatan listrik (dengan L, N, dan PE)

Stopkontak *(Schuko)* yang umumnya digunakan di Indonesia dengan penghantar listrik L (kiri), penghantar nol N (kanan), dan pembumian PE (jepitan ganda) mengandung kelemahan bahwa steker dapat dimasukkan dengan dua cara karena penghantar L dan N tidak berbeda. Jika peralatan yang disambung menggunakan sakelar kutub satu, tidak tertutup kemungkinan sakelar itu memutuskan penghantar nol N dan bukan arus listrik L. Dengan begitu medan listrik tidak terbatas pada kabel saja melainkan juga peralatan (TV, radio, dan sebagainya) memancar secara terus-menerus.

Perlengkapan pengaman





Sakelar pengaman (FI)

Sakelar pengatur arus (FI) menjamin keamanan bagi manusia maupun terhadap kebakaran. Jika FI memutuskan arus berdasarkan kesalahan teknis, maka tidak dapat dihidupkan kembali. Sebaiknya semua kotak sekering dilengkapi sakelar pengaman.

Sakelar pemutus jaringan *(bio-switch)*

Sakelar ini memutus jaringan secara otomatis jika tidak ada pengguna listrik. Dengan begitu tidak akan timbul medan listrik maupun magnetis. Arus pengatur dengan DC 0.5 Volt akan memberi impuls jika suatu pengguna membutuhkan jaringan listrik kembali.

Pengaruh instalasi listrik atas kesehatan manusia terletak pada: medan listrik buatan yang selalu ada pada setiap kawat listrik yang disambung dengan pembangkit listrik (PLN); medan magnetis buatan yang ada sesudah pemakai tersebut disambung (misalnya lampu menyala) dengan jarak ±1.0 m; serta medan magnetis buatan statis yang terjadi oleh muatan listrik yang dipisahkan dalam bahan sintetik dapat mengakibatkan sentakan listrik pada saat memegang bahan logam.[88]

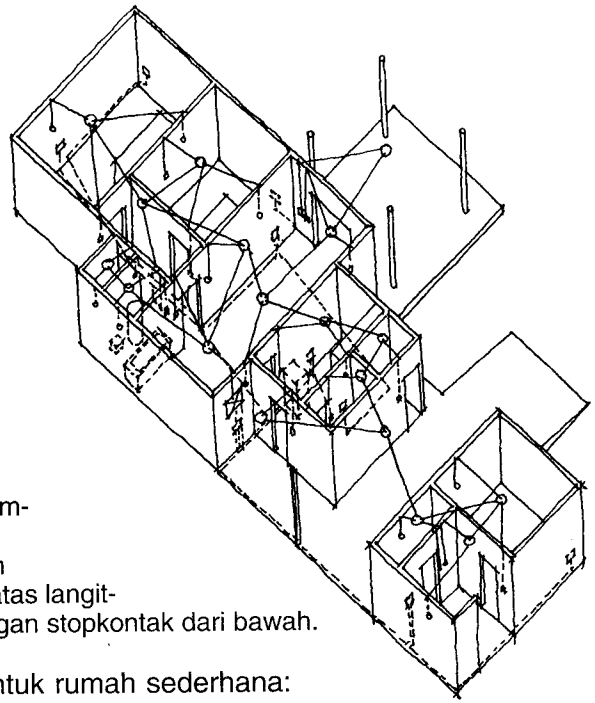
[88] Bdk.: Frick, Heinz/FX. Bambang Suskiyatno. *op.cit.* halaman 148-153

Perencanaan instalasi listrik untuk rumah kediaman

[·] kotak sekering

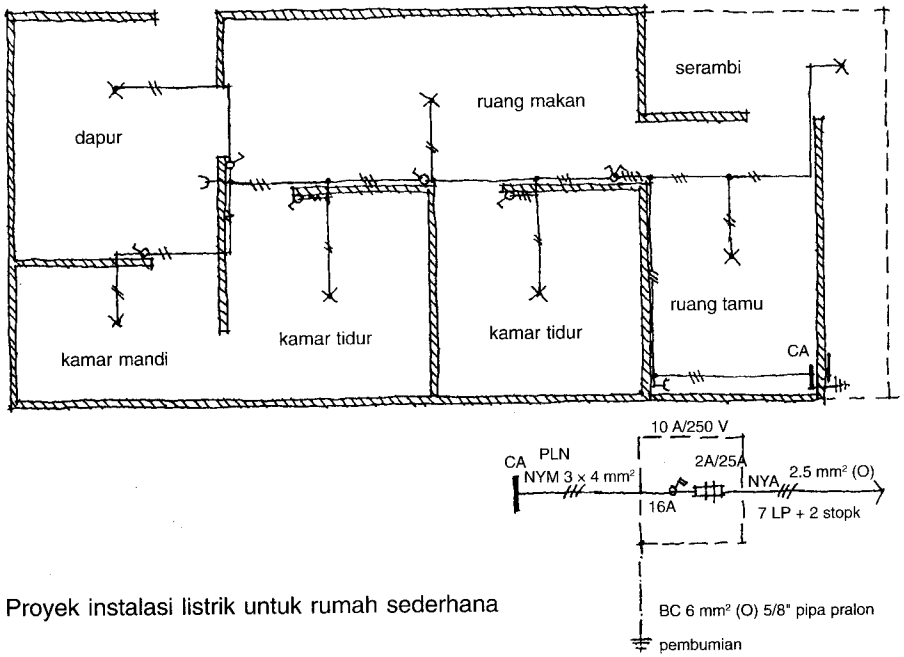
hantaran stopkontak

hantaran lampu/sakler



Isometri instalasi listrik untuk sebuah rumah kediaman. Supaya gambar lebih mudah dibaca, sambungan penerangan diletakkan di atas langit-langit, sedangkan sambungan stopkontak dari bawah.

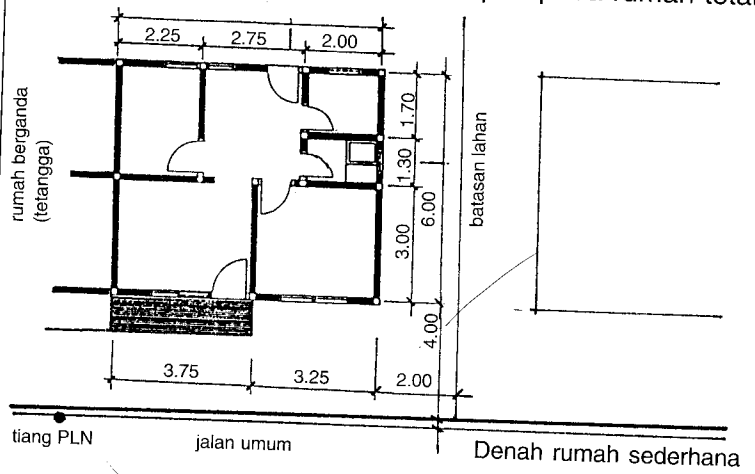
Contoh gambar listrik untuk rumah sederhana:



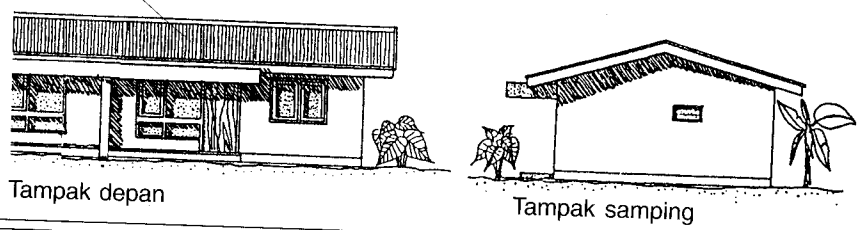
Proyek instalasi listrik untuk rumah sederhana

Tugas 7:

Rencanakan instalasi listrik (PLN) untuk penerangan rumah sederhana (berganda) berikut. Cobalah sedapat mungkin menghindari pengaruh medan listrik dan medan magnetis pada ruang tidur rumah yang direncanakan maupun pada rumah tetangga.



Denah rumah sederhana


Tampak depan

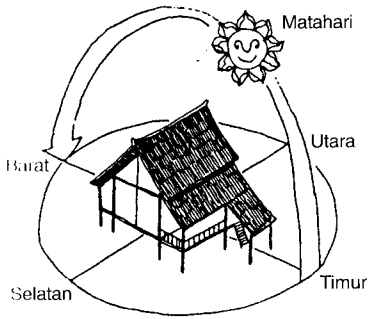
Tampak samping

10.4 Penyegaran udara

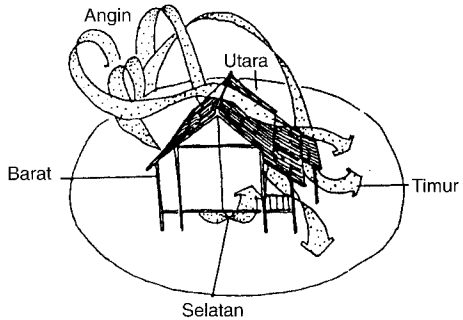
10.4.1 Pengertian dan fungsi penyegaran udara

Penyegaran udara dan perlindungan terhadap sinar panas matahari merupakan hal yang sangat mempengaruhi perencanaan dan konstruksi gedung. Pada penyelesaian persoalan tersebut terdapat dua cara yang berbeda, yaitu: **sistem yang pasif** (konstruksi gedung, bahan bangunan, dan perlindungan menjamin penyegaran udara tanpa peralatan) dan **sistem yang aktif** (perencanaan memungkinkan pemanfaatan angin alam atau menuntut peralatan yang mengatur suhu dan penyegaran udara).

Sinar matahari dan orientasi bangunan yang ditempatkan tepat di antara lintasan matahari dan angin, serta bentuk denah yang terlindung adalah titik utama dalam peningkatan mutu iklim-mikro yang sudah ada. Dalam hal ini tidak hanya perlu diperhatikan sinar matahari yang mengakibatkan panas saja, melainkan juga arah angin yang memberi kesejukan. Orientasi bangunan terhadap sinar matahari yang paling cocok dan menguntungkan adalah kompromi antara letak gedung berarah dari timur ke barat dan yang terletak tegak lurus terhadap arah angin menurut gambar berikut. Kemudian, dalam hal ini gedung yang berbentuk persegi panjang lebih menguntungkan daripada gedung yang berbentuk bujur sangkar.



Letak gedung terhadap sinar matahari yang paling menguntungkan bila memiliki arah dari timur ke barat



Letak gedung terhadap arah angin yang paling menguntungkan bila memiliki arah tegak lurus terhadap arah angin itu

Orientasi yang paling cocok di daerah tropis dekat khatulistiwa adalah suatu kompromi antara kedua arah tersebut di atas.

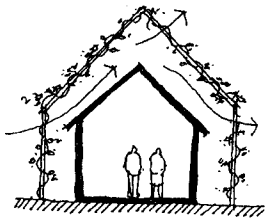
10.4.2 Penyegaran udara secara pasif

Setiap perlindungan yang menghindari pemanasan kulit luar dari gedung merupakan sistem penyegaran udara secara pasif. Perlindungan yang terpasang di bagian dalam gedung (misalnya tirai) tidak dapat menghindari pemanasan ruang di dalamnya karena sinar panas sudah tembus kaca jendela.

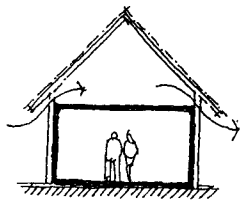
Penyegaran udara secara pasif dapat tercapai dengan tiga cara, yaitu: perlindungan terhadap matahari dengan tanaman peneduh, perlindungan terhadap matahari yang tetap, dan perlindungan terhadap matahari yang bergerak.

Perlindungan gedung terhadap matahari dengan tanaman peneduh

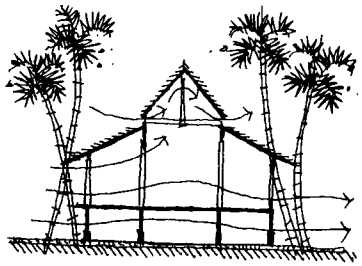
Perlindungan gedung tersebut dapat diatur dengan konstruksi atap tambahan yang, selain melindungi manusia terhadap cuaca, juga memberi perlindungan terhadap radiasi panas dengan tanaman peneduh.[89]



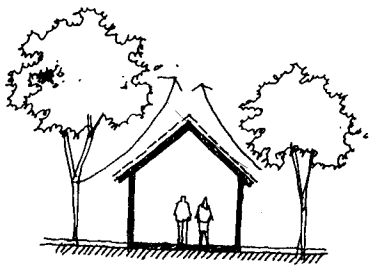
Konstruksi perlindungan alami melindungi gedung dari sinar panas



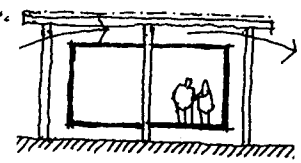
Konstruksi atap kampung luar melindungi inti gedung dari sinar panas



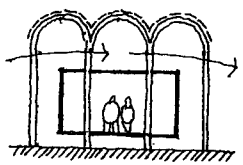
Konstruksi atap yang tinggi melindungi rumah panggung dari sinar panas



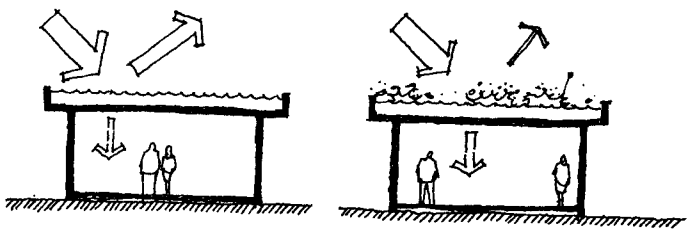
Pepohonan yang melindungi gedung dari sinar panas



Konstruksi atap datar luar melindungi inti gedung dari sinar panas



Konstruksi atap lengkung luar melindungi inti gedung dari sinar panas



Kolam air atau atap bertanaman melindungi gedung terhadap sinar panas

Untuk menyejukkan udara dalam rumah beratap datar, dapat digunakan sistem kolam air *(roof pond)* yang menerima panas sinar matahari dan mengembalikannya pada waktu malam. Sistem yang agak mirip adalah atap bertanaman dengan lapisan vegetasi rumput yang tahan kekeringan, dan sebagainya (lihat halaman 27-28).

Selain pemanfaatan tanaman perlindungan tersebut, penyejukan udara dalam rumah dapat juga dicapai dengan konstruksi dinding yang dapat menyerap panas.[90]

Penyelesaian yang sama terdapat juga dengan pilihan permukaan dinding maupun atap tertentu sehingga penyerapan sinar cahaya dan panas matahari kecil dan pemantulannya besar. Perlu diperhatikan bahwa pemantulan juga dapat menimbulkan kesilauan.

Bahan dan kondisi permukaan		penyerapan	pemantulan
lingkungan alam	rumput	80%	20%
	pasir/kerikil abu-abu	70-90%	30-10%
dinding papan	warna terang (pinus)	40-60 %	60-40 %
	warna gelap (kayu keras)	85 %	15 %
dinding batu-batuan	lapisan marmer	40-50 %	60-50 %
	batu bata tanpa plesteran	60-75 %	40-25 %
	beton tanpa cat	60-70 %	40-30 %
penutup atap	pelat semen berserat	60-80 %	40-20 %
	genting tanah liat	60-75 %	40-25 %
	genting beton	50-70 %	50-30 %
	seng gelombang	65-90 %	35-10 %
	aluminium gelombang	10-60 %	90-40 %
cat	kapur putih	10-20 %	90-80 %
	kuning	50 %	50 %
	merah muda	65-75 %	35-25 %
	hijau muda	50-60 %	50-40 %
	jalan aspal yang hitam	85-95 %	15-5 %

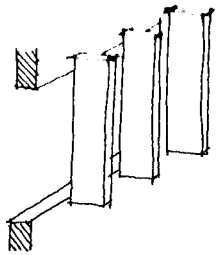
Perlindungan pembukaan dinding terhadap matahari yang tetap

Perlindungan pembukaan dinding yang tetap dapat dicapai dengan penonjolan atap yang cukup luas atau dengan sirip tetap yang horizontal, tegak, atau dua-duanya. Dengan ukuran tertentu sirip menghindari sinar panas matahari masuk pembukaan dinding. Sirip yang baik tidak melekat langsung pada dinding, melainkan terpasang secara terpisah sehingga panas tidak dapat masuk ke dalam konstruksi gedung.[91]

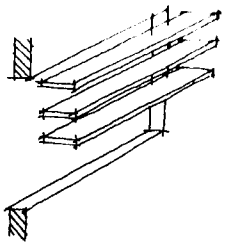
[89] Bdk.: Frick, Heinz/FX. Bambang Suskiyatno. *op.cit.* halaman 62; serta: Cofaigh, Eoin O. *The climatic dwelling.* London 1996. halaman 16

[90] Bdk.: Frick, Heinz/Pujo. L Setiawan. *op cit.* halaman 83-84

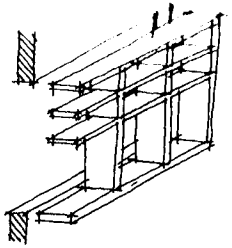
[91] Bdk.: Cofaigh, Eoin O. et al. *op.cit.* halaman 92; serta: Ching, Francis D.K. *A visual dictionary of architecture.* New York 1995. halaman 227



Sirip tegak



Sirip horizontal

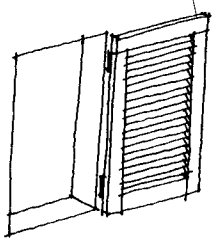


Sirip tegak dan horizontal

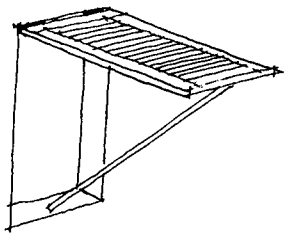
Perlindungan pembukaan dinding terhadap matahari dapat juga dicapai dengan penggunaan *loggia* (serambi yang tidak menonjol, melainkan mundur ke dalam gedung) supaya jendela tidak kena sinar matahari.

Perlindungan pembukaan dinding terhadap matahari yg bergerak

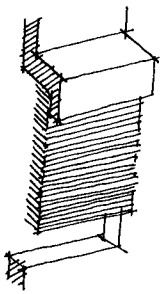
Perlindungan pembukaan dinding yang bergerak merupakan penyelesaian yang paling mudah disesuaikan dengan keadaan iklim atau arah sinar matahari. Di sisi lain perlindungan yang bergerak, berbentuk kerai, jendela krepyak (lihat halaman 86), atau konstruksi lamel selalu membutuhkan pemeliharaan dan perbaikan. Sering juga terjadi pertentangan antara kebutuhan akan keteduhan dan cahaya alam.



Jendela krepyak berputar



Jendela krepyak gantung



Kerai rusuk bergerak

10.4.3 Penyegaran udara secara aktif

Angin dan pengudaraan ruangan *(cross-ventilation)*

Udara yang bergerak menghasilkan penyegaran terbaik karena dengan penyegaran tersebut terjadi proses penguapan yang menurunkan suhu pada kulit manusia. Dengan demikian juga dapat digunakan angin untuk mengatur udara di dalam ruang.[92]

[91] Bdk.: Frick, Heinz/FX. Bambang Suskiyatno. *op.cit.* halaman 59-60

Pergerakan udara di dalam rumah dapat diakibatkan oleh angin atau oleh perbedaan suhu pada bagian yang terkena sinar matahari dan bagian yang terlindung.

Agar angin dan pengudaraan ruangan berjalan dengan baik, diperlukan pembukaan pada dinding agar pergerakan udara tidak terlalu terbatas maupun terlalu keras. Ada beberapa kemungkinan untuk mencapai hal itu, akan tetapi kesulitannya ialah bahwa udara yang bergerak tidak mengubah arahnya tanpa paksaan karena biasanya berjalan langsung melalui jalan terpendek dari lubang masuk ke lubang keluar (angin).

Walaupun demikian, udara bergerak dari lubang masuk ke lubang keluar sangatlah penting, maka penempatan jendela pada tempat yang benar dapat menguntungkan penyegaran udara silang. Sebaiknya pergerakan udara selalu diarahkan ke dalam bagian-bagian ruang yang dihuni oleh manusia yang berdiri atau duduk atau tidur berbaring di dalam kamar, supaya penyegaran udara memenuhi kebutuhan. Kecepatan angin dalam ruang yang melebihi 1.5 m/detik dianggap kurang nyaman menurut tabel berikut.[93]

Kecepatan angin bergerak	Pengaruh atas kenyamanan	Efek penyegaran (pada suhu 30°C)
< 0.25 m/detik	tidak dapat dirasakan	0 °C
0.25 – 0.5 m/detik	paling nyaman	0.5 – 0.7 °C
0.5 – 1 m/detik	masih nyaman, tetapi gerakan udara dapat dirasakan	1.0 – 1.2 °C
1 – 1.5 m/detik	kecepatan maksimal	1.7 – 2.2 °C
1.5 – 2 m/detik	kurang nyaman, berangin	2.0 – 3.3 °C
>2 m/detik	kesehatan penghuni terpengaruh oleh kecepatan angin yang tinggi	2.3 – 4.2 °C

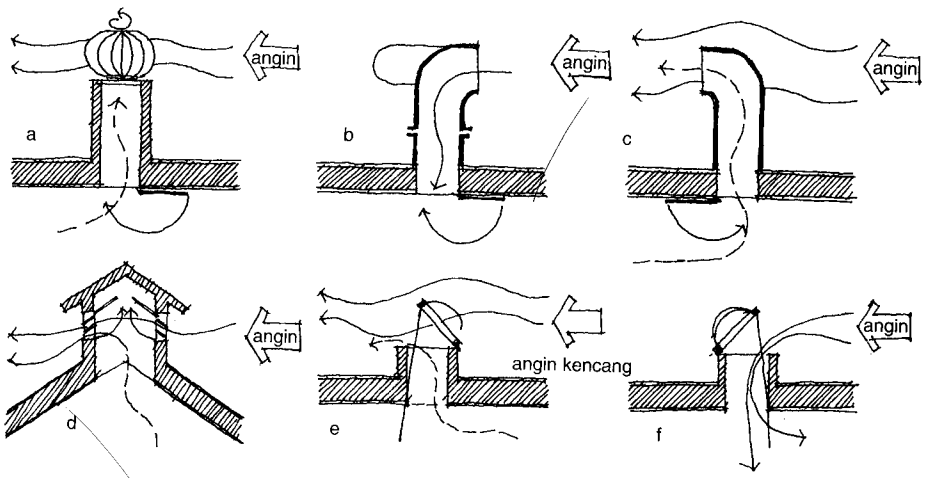
Penyegaran udara di dalam ruangan, di samping pergerakan udara, tergantung juga pada pertukaran udara yang cukup tinggi di daerah tropis, dan yang mempengaruhi kesehatan penghuni juga.[94]

[93] HABITAT and CSC. *Passive solar architecture report of the training workshop.* London 1983, dikutip oleh: Gut/Ackerknecht. *op cit.* halaman 44; serta: Tirtha, Paul. *Bauen in feuchttropischen Ländern.* unpubl. tesis. Mainz 1977. halaman 12

[94] menurut: Hungerbühler, Ruedi. *Konstruktion im Hochbau.* Jilid 1. Dietikon 1979. halaman 83; serta: Tirtha, Paul. *op cit.* halaman 30

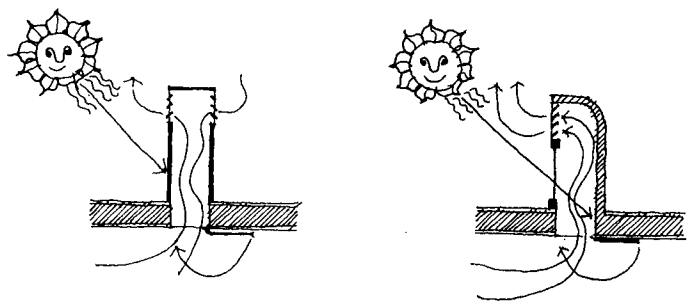
Ruang	Pertukaran udara minimal
Kamar keluarga dan kamar tidur	20 kali isi ruang/jam
Ruang bergerak	10 kali isi ruang/jam
Dapur	100 kali isi ruang/jam
Kamar mandi / kamar kecil	40 kali isi ruang/jam

Supaya angin dapat dimanfaatkan sebaik-baiknya, maka dapat digunakan peralatan penangkap angin sebagai berikut:[95]



Peralatan penangkap angin yang sederhana

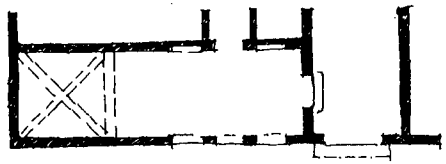
a) kincir angin; b) cerobong angin yang bergerak; c) cerobong angin yang mati; d) atap ventilasi; e) pembukaan kolong atap yang mengisap udara; f) pembukaan kolong atap sebagai penangkap angin



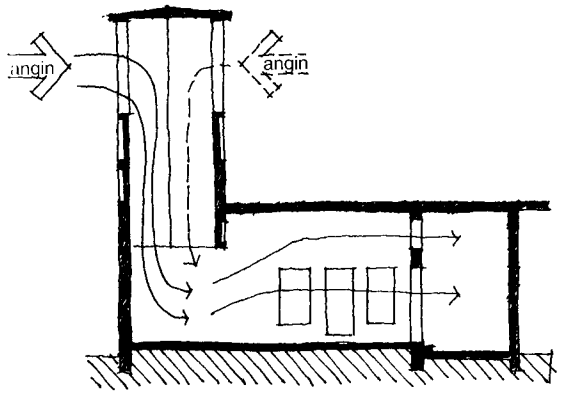
Cerobong pengisap udara yang memanfaatkan energi surya. Jika cerobong dibuat dari pelat besi atau kaca hitam, maka panasnya akan mengisap udara

[95] digambar ulang menurut: Gut/Ackerknecht. *op cit.* halaman 123-125

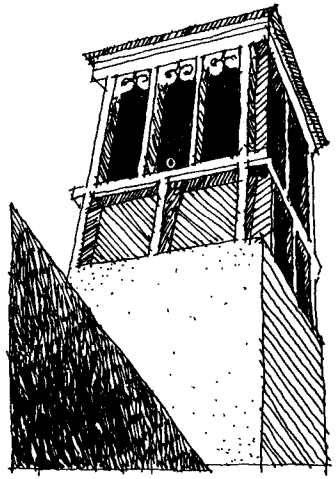
Kemungkinan lain adalah penggunaan menara angin yang berfungsi seperti cerobong angin berskala besar dan yang dapat menangkap angin dari segala arah.[96]



Denah rumah dengan menara angin



Potongan rumah dengan menara angin



Isometri menara angin

Penyegaran udara secara mekanis

Seperti telah diuraikan, penyegaran udara tergantung pada letak dan ukuran gedung, bentang alam, dan gedung-gedung sekitarnya serta penempatan pembukaan di mana arus angin dapat masuk atau keluar. Hal ini tidak begitu rumit pada gedung yang tidak terlalu luas dan yang tikak dibangun pada daerah padat bangunan. Jikalau penyegaran udara secara pasif tidak dapat dilakukan, maka penyegaran udara harus dibantu dengan peralatan penyegaran udara secara mekanis (kipas, pengudaraan paksa, dan sebagainya). Dengan bantuan peralatan tersebut arus udara dapat diarahkan dan pembukaan masuk dan keluarnya udara dapat dibuat jauh lebih kecil.

Akan tetapi, harus diperhatikan bahwa penyegaran udara pasif, walaupun tidak memuaskan secukupnya, masih lebih baik daripada alat

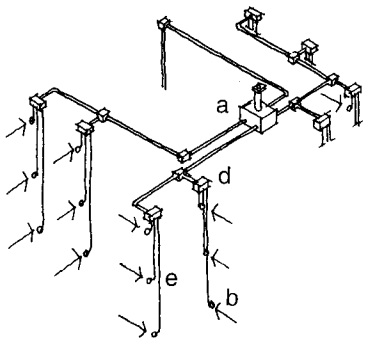
[96] digambar ulang menurut: Gut/Ackerknecht. *op cit.* halaman 156

penyegaran udara secara mekanis karena peralatan ini tergantung pada adanya aliran listrik serta pemeliharaan dan suku cadangnya.

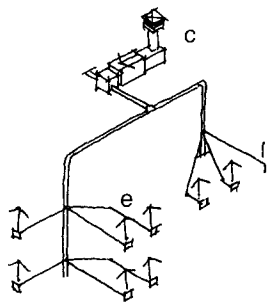
Alat penyegaran udara secara mekanis yang paling sederhana adalah kipas angin, yang dapat dipasang pada langit-langit. Kipas angin membutuhkan tinggi kamar > 3.0 m. Putaran kipas per menit harus sekecil mungkin, sehingga gerak udara tidak melampaui batas kenyamanan (lihat halaman 157)

Penyegaran udara secara mekanis dapat dilaksanakan dengan dua sistem paksaan yang berbeda, yaitu:

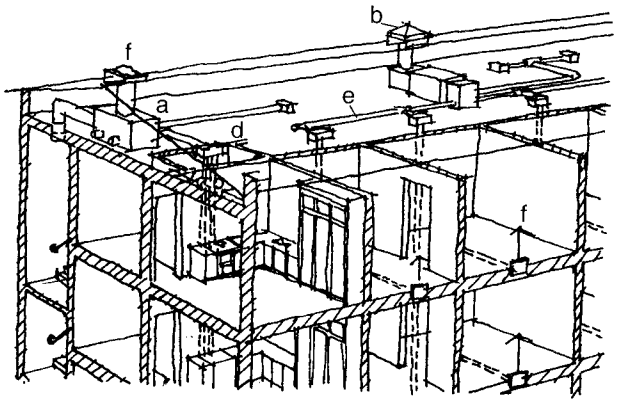
- *exhauster,* sistem ventilasi yang mengisap udara bekas dalam ruang dan membuangnya ke luar (udara segar dengan begitu masuk ke dalam ruang bertekanan rendah pada pembukaan tertentu),
- *intake ventilator,* sistem ventilasi yang mengisap udara dari luar gedung dan mengembuskan ke dalam gedung (udara bekas dengan begitu didorong keluar pada pembukaan tertentu).



Sistem ventilasi *exhauster*



Sistem *intake ventilator*



Sistem ventilasi *exhauster* berkombinasi dengan sistem *intake ventilator.*

a) *exhauster;*
b) pengisap udara;
c) *intake ventilator;*
d) kotak pembagi (meredam kebisingan);
e) pemipaan udara ∅ 3";
f) pengembus udara

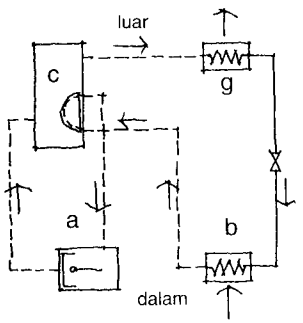
Alat pengatur suhu udara ruangan *(room unit air-conditioner)*

Pendinginan suhu udara di dalam ruang atau gedung dapat dilakukan dengan alat pengatur suhu udara ruangan atau dengan pengaturan suhu udara terpusat (untuk seluruh gedung).

Alat pengatur suhu udara ruangan yang sederhana dan umumnya diperdagangkan di Indonesia ialah AC *(air-conditioner)* yang dipasang pada sebuah pembukaan pada dinding luar. Untuk menjalankan alat pengatur suhu udara ini, hanya diperlukan sambungan tenaga listrik yang cocok. Kebutuhan tenaga listrik dapat ditentukan dengan ± 0.75 kW untuk satu ruang 60-100 m^3.[97]

Keuntungan alat pengatur suhu udara ruangan ialah pemasangan dan penggantiannya sederhana sekali dan memungkinkan juga pemasangan pada gedung lama yang sulit dilengkapi dengan sistem pengaturan suhu udara terpusat. **Kerugiannya** ialah penggunaan listrik yang ± 50% lebih tinggi daripada sistem pengaturan suhu udara terpusat, kebisingan dapat mengganggu aktivitas dalam ruang, dan, jika suhu udara yang ditiupkan ke dalam ruang terlalu dingin, penghuni bisa jatuh sakit. Untuk menghindari hal terakhir ini, sebaiknya pemasangan alat pengatur suhu udara pada ketinggian > 2.0 m di atas lantai.

Karena alat pengatur suhu udara ruangan menghasilkan air kondensasi, sebaiknya dipasang pipa saluran ke bawah, sehingga kaki dinding rumah tidak rusak atau mengalami pembusukan.



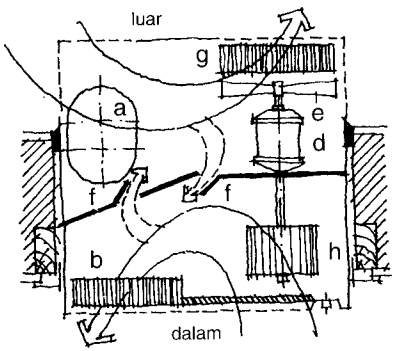


Diagram fungsi dan konstruksi alat pengatur suhu udara ruangan
a) kompresor; b) pertukaran kalor (penguapan), c) pentil 4 arah d) motor; e) kipas angin; f) katup udara luar/udara buangan (keadaan terbuka); g) pertukaran kalor (kondensator); h) ventilator tabung; – – – freon uap, ——— freon cair

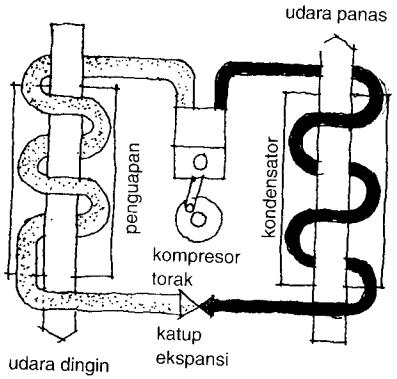
[97] Volger/Laasch. *op.cit.* halaman 811

Pengaturan suhu udara terpusat

Pengaturan suhu udara terpusat **menguntungkan** karena lebih ekonomis dibandingkan alat pengatur suhu udara ruangan, tetapi hanya kalau gedung yang membutuhkan pengaturan suhu udara cukup luas.

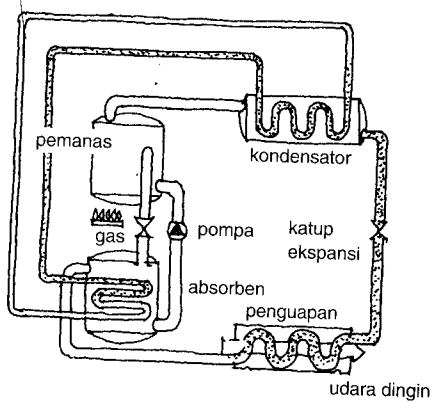
Di daerah beriklim tropis lembap, pengaturan suhu udara terbatas pada pendinginan, pembersihan, penghilangan lembap, dan penggerakan udara. Pada pengaturan suhu udara terpusat keempat fungsi tersebut dilaksanakan oleh mesin pendingin (kompresor atau absorbsi), filter udara, pengatur kelembapan, dan sistem penyebaran yang terdiri dari kipas angin dan cerobong udara dingin. **Kerugian** pengaturan suhu udara terletak pada filter udara (yang membutuhkan perawatan teratur), pada kompresor (yang menggunakan freon, lihat hlm. 167), dan pada cerobong udara dingin yang merupakan sumber berbagai penyakit, yang dinamakan *sick-building syndrom* (lihat hlm. 166).

Mesin pendingin dapat dibedakan atas sistem kompresor dengan menggunakan terutama energi listrik untuk membangkitkan kedinginan dengan freon sebagai cairan pendingin, atau sistem absorber dengan menggunakan gas atau energi surya untuk membangiktkan kedinginan dengan amonia sebagai cairan pendingin.



Mesin pendingin kompresor

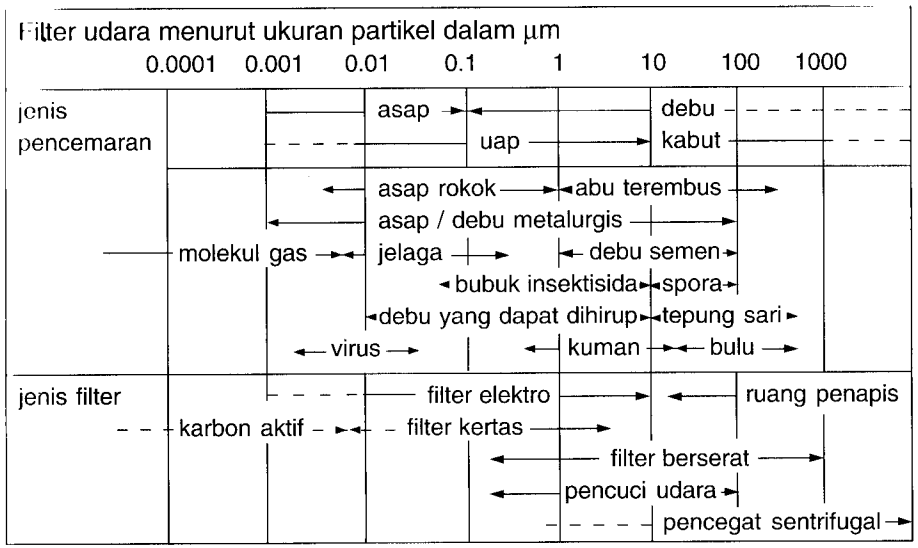
Dengan kompresor-torak gas freon dipadatkan. Kepadatan mengakibatkan panas, yang pada pertukaran kalor (kondensator) dibuang sebagai udara panas dengan kipas angin. Kemudian pada pertukaran kalor (penguapan) freon mencair dan melepaskan kedinginan kepada udara



Mesin pendingin absorbsi

Cairan amonia dipanaskan dengan gas atau energi surya sampai menguap. Pada pencairan dan pertukaran kalor (kondensator) dibuang udara panas dengan kipas angin. Kemudian pada pertukaran kalor (penguapan) amonia mencair dan melepaskan kedinginan kepada udara

Filter udara harus menyaring, menapis, dan membersihkan udara yang tercemar oleh debu (partikel dengan kecepatan jatuh yang masih dapat diukur), aerosol (dispersi partikel dalam udara), spora, tepung sari, asap (partikel beku yang melayang), partikel radioaktif yang melayang, kuman, virus, bau, dan sebagainya. Masing-masing pencemaran membutuhkan jenis filter tertentu berdasarkan sifatnya.[98]



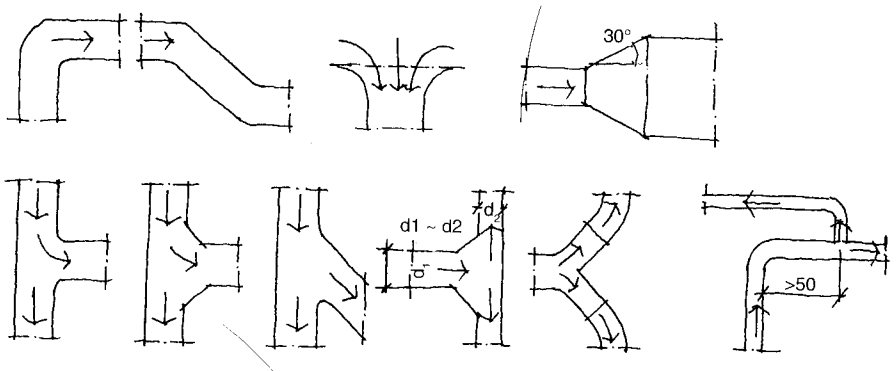
Menurut bahan bangunan dan tugasnya, filter dapat dibagi atas:

- Filter kasar, merupakan filter dari tenunan logam yang dibasahi oli khusus (filter basah, yang dapat dibersihkan) atau tenunan kasa kaca dan bahan sintetik lainnya (filter kering, yang dibuang/diganti)
- Filter halus dan sangat halus dibuat dari kertas atau tenunan serat sintetik sesuai dengan tuntutan yang terjadi oleh pencemaran udara setempat
- Filter elektro memuat debu dengan ion positif dan udara akan dialirkan lewat medan kolektor negatif yang mengikat debu tersebut
- Karbon aktif *(activated carbon)* filter memiliki daya serap yang luar biasa tinggi (15-25% dari bobot sendiri), berdasarkan permukaannya yang luar biasa besar (1 gram = 1200 m^2). Filter ini umum digunakan juga untuk membersihkan udara beredar ulang sebab dapat memusnahkan bau jelek juga.

[98] Bdk.: Ihle, C. *Der Heizungsingenieur.* Jilid 3 (Lüftung und Luftheizung). edisi ke-5. Düsseldorf 1991; dikutip oleh: Volger/Laasch. *op.cit.* hlm. 795

Cerobong udara dingin biasanya dibuat dari seng yang murah (tetapi terancam dimakan karat dan mengalirkan bising) atau semen berserat (serat asbes dilarang) yang lebih mahal tetapi tahan kebakaran dan kurang mengalirkan bising. Penampang cerobong pada sistem udara tekanan rendah adalah persegi, sedangkan pada sistem udara tekanan tinggi berbentuk pipa bulat/tabung.

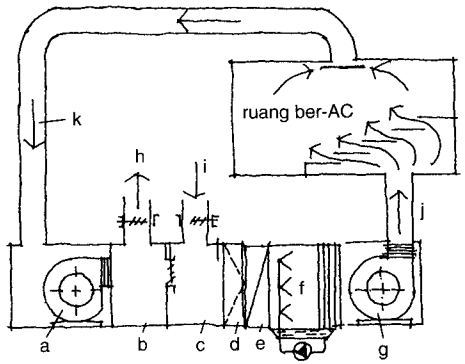
Pada perencanaan harus diperhatikan agar semua sudut, persimpangan, dan sebagainya sesuai arus aliran udara (tidak boleh bersudut 90°, perubahan ukuran tidak boleh secara tiba-tiba, melainkan dengan sudut ~ 30°, dan jarak antara dua cabang atau cabang dan belokan selalu harus minimal 50 cm), seperti terlihat pada gambar berikut:



Perencanaan cerobong udara dingin harus memperhatikan arus aliran udara

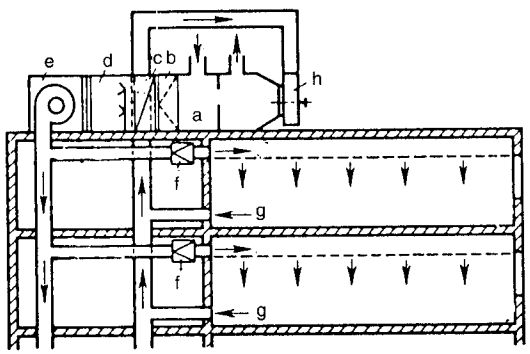
Pengaturan suhu udara tekanan rendah terpusat dipakai pada gedung yang tidak terlalu besar dan di mana biasanya udara digerakkan dari bawah ke atas. Pada sistem pengaturan suhu udara tersebut, udara bekas dan udara baru diisap dan dicampur oleh kipas angin sebelum melalui filter udara. Kemudian, lewat mesin pendingin yang sekaligus mengakibatkan hilangnya kelembapan sebagian, udara dingin dapat disalurkan dengan kipas angin ke tempat tujuan. Karena sistem ini bekerja dengan udara tekanan rendah, maka kecepatan udara yang digunakan adalah 2–8 m/detik. Dengan begitu udara dingin dapat ditiup langsung ke dalam ruangan, tetapi membutuh cerobong udara dingin berpenampang besar (biasanya persegi panjang).

Pengaturan suhu udara tekanan tinggi terpusat dipakai pada gedung yang luas seperti pencakar langit dan sebagainya. Karena cerobong udara dingin membutuhkan sangat banyak ruang, dipilih kecepatan udara yang lebih tinggi (8–15 m/detik). Akan tetapi, kecepatan yang lebih tinggi mengakibatkan bising oleh gerak udara. Untuk mengurangi gangguan tersebut, harus digunakan cerobong udara dingin berbentuk pipa bulat, dan udara tidak boleh langsung ditiup ke dalam ruangan. Biasanya dipilih difusor di bagian langit-langit penggantung atau di sisi bawah tepi dinding. Karena udara dingin bertekanan tinggi, tekanan udara dalam ruangan tinggi juga, maka sistem ini tidak membutuhkan kipas angin untuk udara bekas. Udara bekas dipaksa keluar pada pembukaan dinding atau langit-langit yang tersedia. Sebaiknya pembukaan tersebut diletakkan tersembunyi di belakang lampu sehingga panas lampu langsung ikut disalurkan ke luar.



Pengaturan suhu udara tekanan rendah terpusat

a) kipas angin (ventilator) udara bekas; b) ruang pembagi udara; c) ruang campur udara bekas dengan udara segar; d) filter udara; e) mesin pendingin; f) ruang penghilang kelembapan; g) kipas angin (ventilator) udara dingin; h) pengembusan udara bekas; i) pengisapan udara segar (tidak boleh berdekatan dengan pengembusan udara bekas seperti tergambar pada skema ini); j) udara dingin ditiup ke dalam ruangan; k) udara bekas diisap ke luar



Pengaturan suhu udara tekanan tinggi terpusat

a) ruang masuk udara segar; b) filter udara; c) mesin pendingin; d) ruang penghilang kelembapan; e) ventilator udara dingin; f) difusor udara dingin; g) pengembusan udara bekas; h) pengisapan udara bekas

10.4.4 Gangguan kesehatan manusia dan pengaruh atas lapisan ozon oleh pengaturan suhu udara terpusat

***Sick-building* sindrom**[99] adalah himpunan gejala gangguan kesehatan atau gejala penyakit yang terjadi serentak dan menandai ketidaknormalan tertentu, yang diakibatkan oleh kegiatan menghuni atau bekerja di dalam gedung. Walaupun *sick-building* sindrom pada umumnya diakibatkan oleh pengaturan suhu udara terpusat (AC sentral) serta kelembapan yang rendah dalam gedung, yang dua-duanya kurang sesuai dengan kebutuhan manusia, sindrom tersebut juga dapat timbul akibat konstruksi gedung yang pencegahannya terhadap naiknya kelembapan dari tanah melalui fondasi tidak memenuhi persyaratan atau akibat bahan bangunan yang mengandung zat-zat kimia tertentu yang menguap.

Hal-hal yang mengakibatkan *sick-building* sindrom antara lain adalah:

- Kecepatan udara yang terlalu tinggi (> 0.5 m/detik) atau gerakan udara yang bergolak dalam penyegaran udara ruang (alamiah atau buatan);
- Alergen mikrobiologis atau racun sel oleh konstruksi atau bahan bangunan;
- Suhu yang terlalu dingin dari pengaturan suhu udara terpusat;
- Kebisingan di bidang frekuensi rendah (< 100 Hz) oleh peralatan, ventilator, lalu lintas, dan sebagainya yang ada, atau getaran yang diakibatkan olehnya;
- Bau tidak sedap yang berbahaya atau berbisa dari instalasi utilitas yang bocor atau tidak sesuai persyaratan.

Hubungan antara *sick-building* sindrom sebagai gangguan kesehatan dan hal-hal yang mengakibatkannya dapat disusun sebagai berikut:

Gangguan kesehatan oleh *sick-building* sindrom	Hal-hal yang mengakibatkan *sick-building* sindrom
Masuk angin, batuk, selesma, flu, rematik, dan sebagainya	Kecepatan udara yang terlalu tinggi, dan gerakan udara yang bergolak; Suhu dari AC terlalu rendah; Kekurangan udara segar dalam sistem AC; Pencegahan terhadap naiknya kelembapan dari tanah tidak ada (cendawan kelabu).
Iritasi selaput lendir dan mata, rasa kering pada kulit	Alergen mikrobiologis dalam sistem AC; Debu atau tungau dari pesawat tenun.
Demam, sesak napas, rasa nyeri sendi, kelelahan	Racun sel oleh sistem pengatur kelembapan dalam sistem AC.
Kelelahan, hambatan daya konsentrasi, mati rasa, sakit kepala	Ketidakberesan pengaturan suhu AC; Kelembapan udara yang terlalu tinggi; Kekurangan penghawaan; Kebisingan di bidang frekuensi rendah; Kekurangan bayangan (penyilauan); Kelebihan dinding berkaca; Bahan bangunan yang mengandung zat-zat kimia tertentu.
Kelelahan, hambatan daya konsentrasi, mati rasa, sakit kepala	Kualitas udara tidak memuaskan; Bau tidak sedap yang berbahaya atau berbisa dari instalasi utilitas; Pertukaran udara minimal tidak terjamin

[99] bab ini disarikan dari: Daniels, Klaus. *The technology of ecological building.* Basel: Birkhäuser, 1997. halaman 41

Amonia sebagai cairan pendingin yang digunakan oleh mesin pendingin sistem absorber, yang lebih ramah lingkungan daripada sistem yang lain dengan menggunakan energi surya untuk membangkitkan kedinginan, merupakan gas yang mengganggu kesehatan manusia. Amonia berbau tajam dan merupakan gas tanpa warna yang bersifat alkalis. Jika kena kulit menyakitkan, mengakibatkan biring-peluh dan gelembung. Yang sangat terancam adalah juga mata, namun gas ini tidak membahayakan nyawa dan tidak mengakibatkan penyakit fatal seperti kanker dan sebagainya.

Freon (CFC-12, Difluordiklormetana), sebagai cairan pendingin yang digunakan oleh mesin pendingin atau lemari es dengan sistem kompresor, merupakan gas klorofluorokarbon (CFC). Freon secara kimia bersifat sangat stabil dan tidak berbahaya secara langsung bagi kesehatan, akan tetapi ada akibat yang timbul berupa perusakan lapisan ozon. Lapisan ozon menyelimuti bumi di stratosfer pada ketinggian 15–25 km dan dapat menyerap sinar ultraungu. Terdapat beberapa gas kimia yang stabil dan yang bergerak naik perlahan-lahan (dalam waktu beberapa tahun) sampai bereaksi dengan lapisan ozon. Di situ proses perusakan ozon berlangsung lebih cepat dibandingkan dengan proses pembentukannya kembali.

Dengan begitu, freon akan mengakibatkan dampak negatif atas kesehatan manusia karena sinar ultraungu dalam jumlah besar sekarang menyebabkan kanker kulit, kerusakan mata, dan menurunkan kekebalan tubuh. Untuk menghindari hal-hal tersebut di atas, freon sebagai zat pendingin sejak 1995 diharamkan internasional, dan zat pendingin baru yang bebas CFC telah diperkembangkan.

11. Perancah

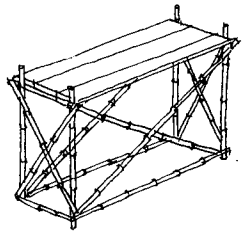
11.1 Pengertian dan fungsi perancah

Perancah adalah konstruksi dari batang bambu, kayu, atau pipa baja yang didirikan ketika suatu gedung sedang dibangun untuk menjamin tempat kerja yang aman bagi tukang yang membangun gedung, memasang sesuatu, atau mengadakan pekerjaan pemeliharaan.

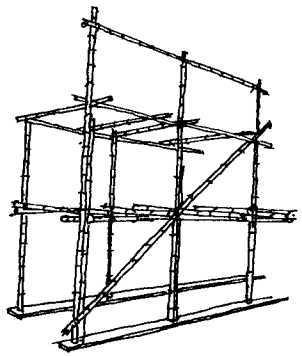
11.1.1 Jenis dan fungsi perancah masing-masing

Menurut fungsinya, konstruksi perancah dapat dibagi atas:

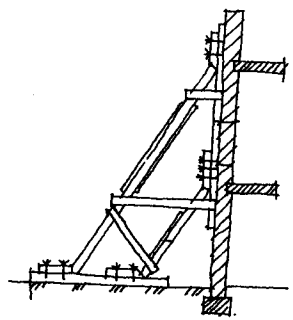
- **Konstruksi perancah kerja panggung** terbuat dari bambu atau kasau (4×6 atau 5×7 cm) sebagai kerangka perancah. Di bagian atasnya diberi lantai papan (kayu atau bambu) untuk tukang dan bahan bangunan. Perancah jenis ini dapat dipindah-pindah dengan mudah karena biasanya ukuran perancah tersebut tidak besar.



- **Konstruksi perancah pengaman** berfungsi sebagai pengaman tukang dan buruh yang bekerja pada ketinggian lebih dari 5.00 m di atas permukaan tanah, atau sebagai panggung pengaman bagi orang yang harus lewat dekat tempat bangunan, misalnya jika tempat bangunan terletak pada sisi jalan raya dan sebagainya, sehingga mereka aman terhadap debu dan bahan bangunan atau alat-alat yang jatuh.



- **Konstruksi perancah penyangga tegak dan mendatar** menahan bagian gedung yang harus dipertahankan pada waktu membongkar sebagian atau mengadakan perbaikan terhadapnya sehingga tidak akan runtuh.

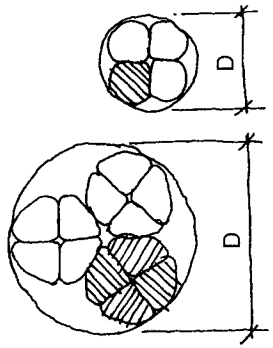


Tentu saja konstruksi perancah masing-masing pada prakteknya sering kali tidak murni, melainkan berbentuk campuran, misalnya konstruksi perancah kerja yang juga berfungsi sebagai konstruksi pengaman dan sebagainya.

11.1.2 Bahan pembuatan perancah

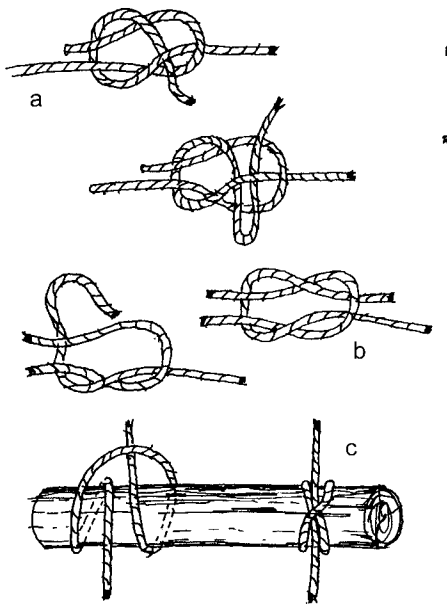
Tali pengikat

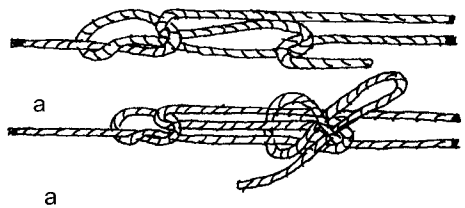
Sebagai tali pengikat dapat digunakan tali sisal, kulit rotan, rami, atau ijuk (tali serat alam) serta tali nilon (tali serat sintetis) dengan minimal ∅ 10 mm. Harus diperhatikan bahwa sifat tali serat sintetis berlainan dengan tali serat alam. Kekuatan tali nilon pada hari panas sangat kurang dibandingkan dengan kekuatan pada malam yang agak dingin. Sebelum menggunakan tali sisal, kulit rotan atau rami hendaknya direndam dalam air sampai jenuh. Dengan begitu tali akan lebih kencang mengikat bila tali tersebut mengering.



∅ D pada tali pengikat diumpamakan sebagai lingkaran terkecil

Bermacam-macam ikatan pada tali

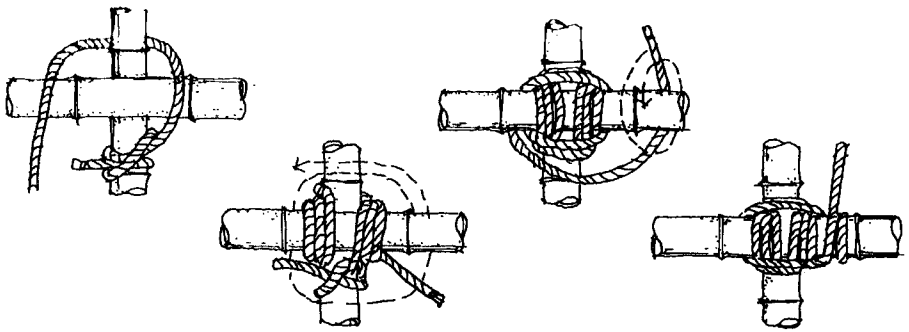




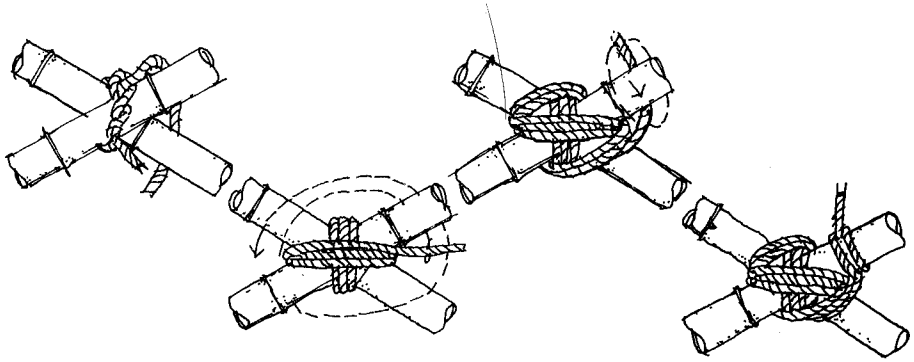
a
Simpul tarik, dimanfaatkan untuk pengikatan yang perlu dilepaskan lagi dengan mudah

b
Simpul mati, dimanfaatkan untuk menyambung tali secara tetap

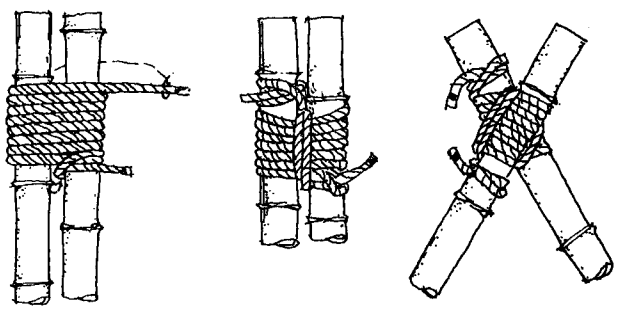
c
Simpul pangkal, dimanfaatkan untuk pengikatan cepat dan kuat



Ikatan palang, dimanfaatkan untuk pengikatan tiang dengan batang memanjang horizontal untuk lantai kerja perancah



Ikatan silang mati, dimanfaatkan untuk pengikatan batang diagonal yang menjamin kestabilan perancah



Ikatan silang bergerak, dimanfaatkan untuk pengikatan dua batang sejajar yang kemudian dibuat menyilang.[100]

[100] Simpul dan ikatan digambar ulang menurut: Frick, Heinz. *Konstruktionslehre für Zimmerleute*. Richterswil 1994. hlm. 10.2; serta: Stulz, Roland. *Appropriate building materials*. St. Gall: SKAT, 1981. hlm. 187-188

Kayu dan bambu sebagai bahan bangunan perancah

Gemang tiang untuk perancah dari bambu atau kayu (harus dibersihkan dari kulit) pada pangkalnya harus > ∅ 7 cm. Yang menentukan kekuatan pada batang panjang ini adalah faktor tekuk. Untuk mengatasi hal tersebut, tiang perancah diikat pada setiap batang pegangan dan batang memanjang horizontal untuk lantai kerja perancah sehingga kekokohan perancah terjamin. Bagian kaki tiang selalu harus ditanam dalam tanah atau diikat sehingga tidak terjadi pergeseran. Bambu harus tua, berwarna kuning jernih atau hijau tua, berbintik-bintik putih pada pangkalnya, berserat padat, permukaannya mengkilap, serta pada buku-bukunya tidak boleh pecah.

Papan yang digunakan sebagai lantai kerja perancah harus dipotong sejajar seratnya sehingga dapat memuat beban. Jarak antara dinding gedung dan papan lantai kerja tidak boleh melebihi 30 cm. Ukuran minimal tergantung pada jarak batang melintang yang mendukungnya sebagai berikut:

Jarak antara tiang perancah (jarak antara batang melintang)	1.40 m	1.90 m	2.40 m
Lebar lantai kerja minimal	60 cm	60 cm	60 cm
Panjangnya papan lantai kerja	minimal 3.00 m	minimal 4.00 m	minimal 5.00 m
Penampang lintang papan lantai kerja	30x200 mm	35x200 mm	40x200 mm

Balok melintang yang digunakan sebagai balok lantai kerja perancah dengan panjang ± 1.00 m (antara tiang perancah dan dinding gedung yang dibangun, lebar lantai kerja dan jarak terhadap dinding) adalah bambu > ∅ 7 cm atau kayu 5x7 cm.

Kelam yang digunakan harus minimal 8 mm tebalnya. Rantai, tali, dan sebagainya harus dalam keadaan sempurna. Pengikatan mengikuti aturan yang telah digambarkan pada halaman 169-170.

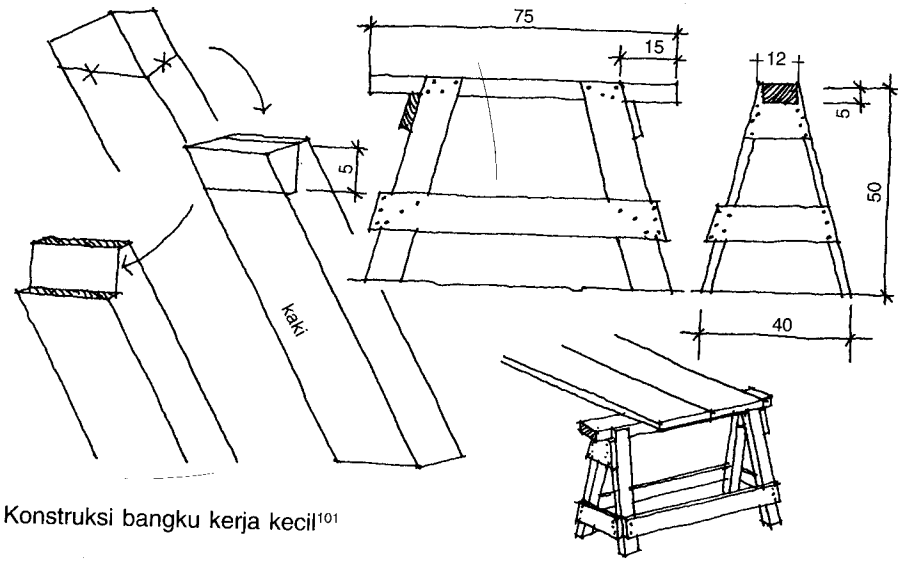
Pipa baja sebagai bahan bangunan perancah

Pipa baja yang digunakan untuk mendirikan perancah berukuran minimal 1½" (garis tengah luar 48.3 mm dengan tebal dinding 3.25 mm). Ukuran ini dapat diperkecil (1¼") jika digunakan kerangka perancah dari pipa baja yang dapat disambung-pasang dan yang penggunaannya terbatas pada ketinggian 6.00 m (3 elemen).

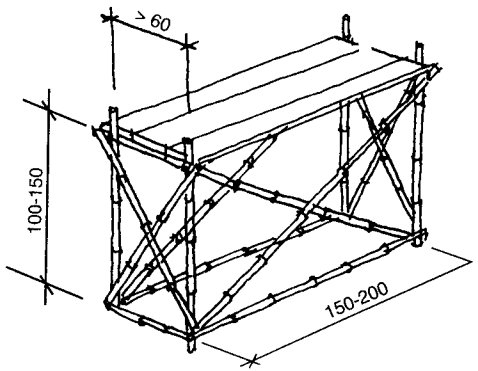
11.2 Konstruksi perancah dan atap pelindung

11.2.1 Konstruksi perancah kerja panggung

Konstruksi perancah kerja panggung adalah konstruksi perancah yang paling sederhana. Biasanya terdapat dua kemungkinan: dibuat dua bangku kerja kecil (yang juga dapat dimanfaatkan untuk mempermudah pekerjaan dengan gergaji dan sebagainya) dan di atasnya diletakkan papan atau balok sebagai lantai kerja, atau dibuat bangku kerja yang lebih besar dengan tinggi dan ukuran sesuai kebutuhan.



Konstruksi bangku kerja kecil[101]



Konstruksi perancah kerja panggung

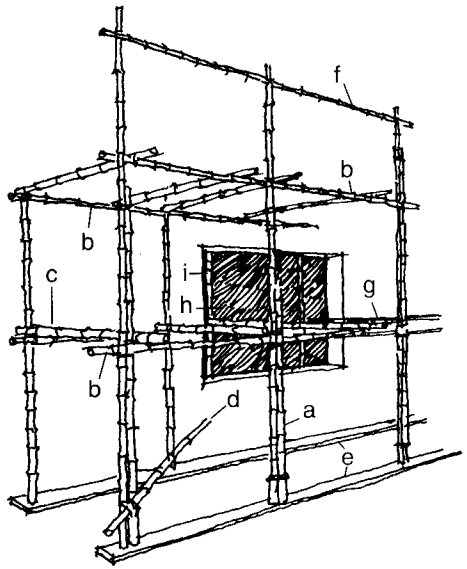
[101] Bdk.: Dancy, H.K. *A manual of building construction.* edisi ke-3. London: intermediate tech-nology, 1978. halaman 178

11.2.2 Konstruksi perancah kerja

Konstruksi perancah kerja yang digunakan untuk pekerjaan bangunan harus kuat sehingga perancah merupakan tempat yang aman untuk bekerja. Tempat berpijak para buruh juga menjadi tempat meletakkan peralatan dan bahan bangunan yang mereka gunakan. Perancah kerja tidak boleh menerima beban dari bangunan.

Konstruksi perancah merupakan sarana pendukung, digunakan untuk membangun/memperbaiki bangunan dan biasanya didirikan secara darurat/sementara. Setelah pekerjaan pembangunan selesai, perancah dibongkar kembali, dan karena itu dibutuhkan konstruksi khusus.

Konstruksi perancah kerja biasanya dibuat dari batang bambu yang diikat (atau pipa baja yang diklem) dan yang dilengkapi lantai kerja papan kayu seperti terlihat pada gambar berikut:[102]



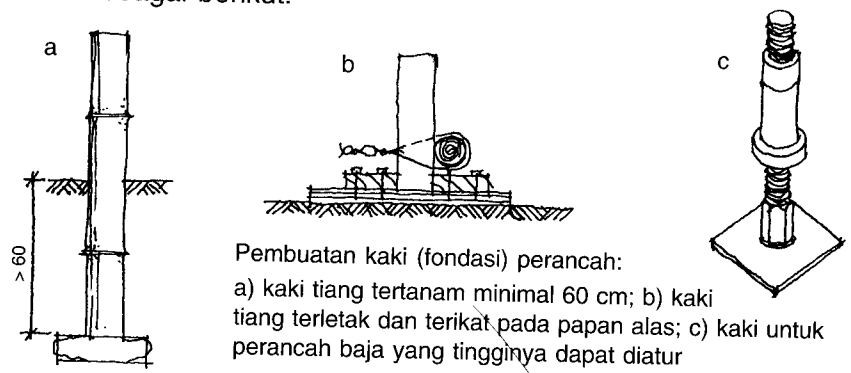
Konstruksi perancah kerja biasa dari bambu

a) tiang dan tiang penyambung/penguat
b) batang horizontal
c) batang melintang
d) batang diagonal
e) papan alas kaki (atau tiang tertanam)
f) pegangan panggung
g) papan lantai kerja
h) pengikatan horizontal
i) tiang palang pada lubang dinding tanpa kosen

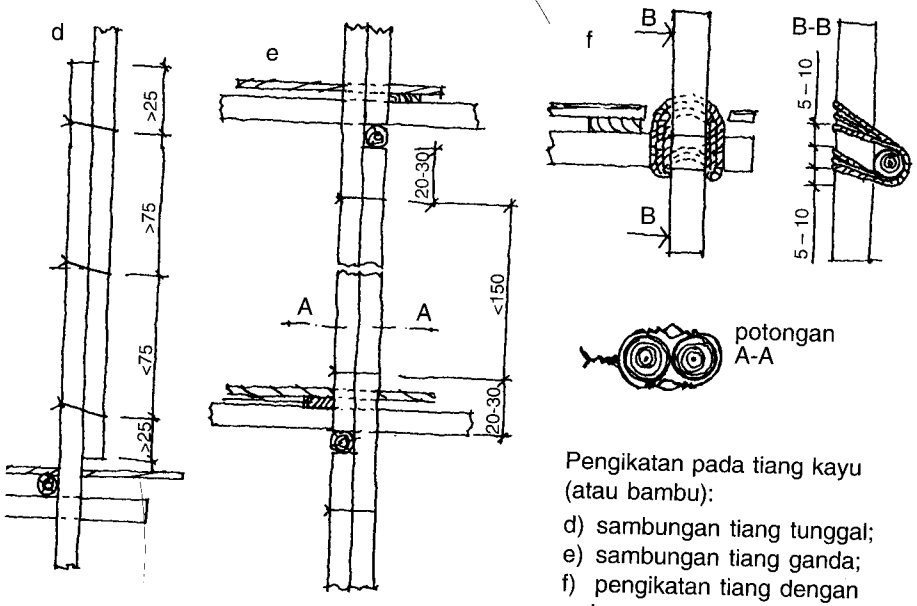
Pembongkaran harus dilakukan dengan hati-hati supaya tidak menimbulkan bahaya jika terlempar atau terjatuh. Di samping itu, bahan perancah tidak rusak dan masih utuh sehingga kekuatan tidak berkurang kalau kelak dipakai lagi.

[102] digambar ulang menurut: Fullerton, R.L. *Building construction in warm climates.* Jilid 2. edisi ke-2. Oxford: University Press, 1983. hlm. 146-147

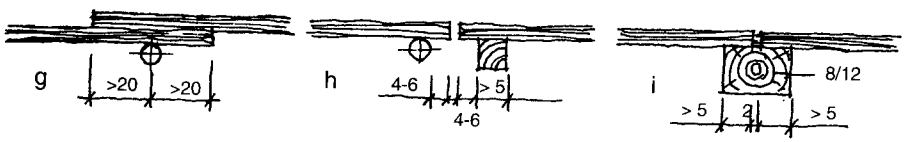
Pada pembuatan/pendirian perancah kerja, selain bahan bangunan dengan ukuran minimal dan sebagainya, juga perlu diperhatikan sambungan dan pengikatan supaya struktur perancah menjadi kuat dan kaku sebagai berikut:



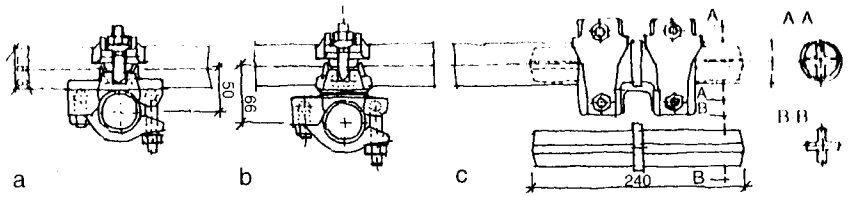
Pembuatan kaki (fondasi) perancah:
a) kaki tiang tertanam minimal 60 cm; b) kaki tiang terletak dan terikat pada papan alas; c) kaki untuk perancah baja yang tingginya dapat diatur



Pengikatan pada tiang kayu (atau bambu):
d) sambungan tiang tunggal;
e) sambungan tiang ganda;
f) pengikatan tiang dengan batang memanjang atau batang melintang

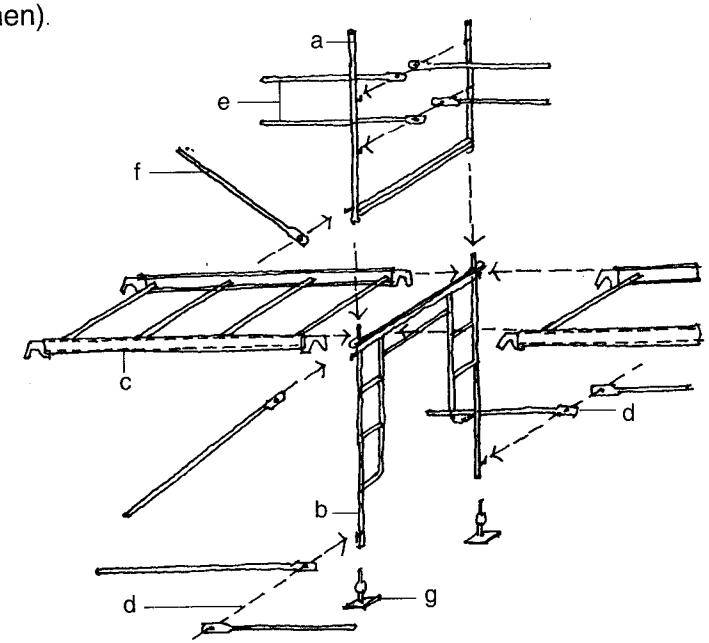


Sambungan pada papan lantai kerja yang aman:
g) sambungan berlapis; h) sambungan dengan dua alas batang melintang; i) sambungan dengan alas balok melintang yang diperkuat



Pada perancah pipa baja sebetulnya dibutuhkan tiga jenis alat sambungan:
a) kepitan biasa; b) kepitan yang dapat diputar; c) penyambung memanjang

Pada bangunan yang tidak terlalu besar dan tinggi, umumnya digunakan kerangka perancah dari pipa baja yang dapat disambung-pasang/dikembangkan dan penggunaannya terbatas pada ketinggian 6.00 m (3 elemen).

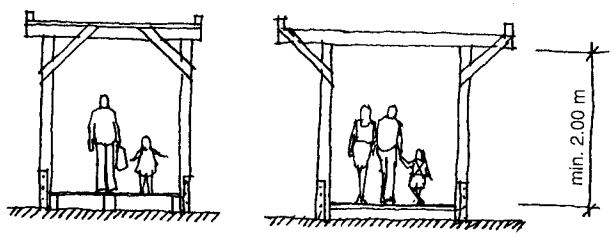


Bagian-bagian kerangka perancah pipa baja yang dapat disambung-pasang:
a) kerangka U untuk bagian paling atas 100×120 cm; b) kerangka biasa 200×120 cm; c) kerangka horizontal 100×200 cm; d) batang pengikat horizontal 200 cm; e) batang sandaran pengaman 200 cm; f) batang penopang diagonal 250 cm; g) kaki yang dapat diatur tingginya

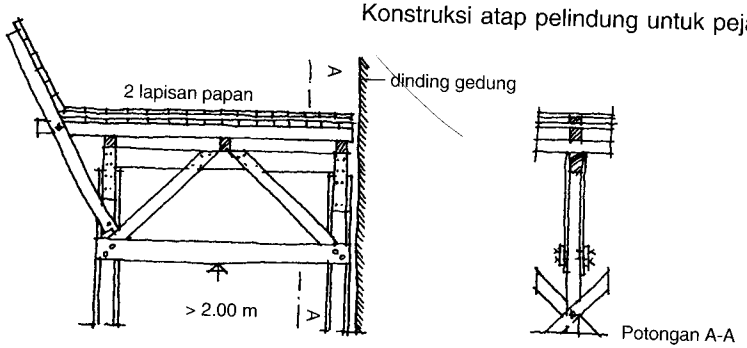
11.2.3 Atap/panggung pelindung

Atap pelindung harus disediakan pada bangunan yang terletak pada garis sempadan yang berbatasan langsung dengan pinggir jalan (trotoar), atau pada tempat para pekerja masuk ke lokasi bangunan (lewat

di bawah perancah masuk lantai dasar). Atap/panggung pelindung menjaga agar pejalan kaki yang lewat di bawah perancah bangunan terlindung dari barang-barang atau peralatan yang mungkin jatuh, debu, dan sebagainya.[103]



Konstruksi atap pelindung untuk pejalan kaki



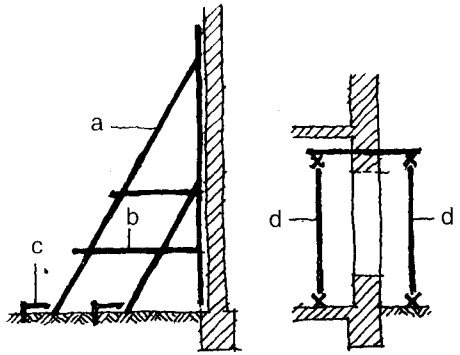
Konstruksi atap/panggung pelindung untuk tempat para pekerja masuk ke lokasi bangunan

11.3 Konstruksi perancah penyangga tegak dan mendatar

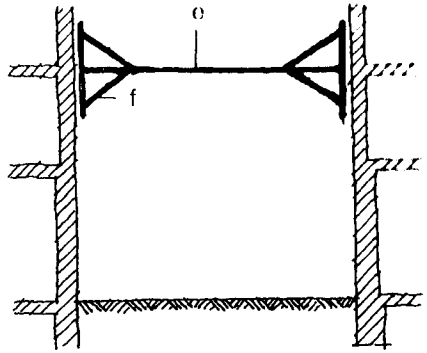
Konstruksi perancah penyangga tegak digunakan untuk menerima beban vertikal pada perubahan struktur gedung lama untuk menahan bagian gedung yang harus dipertahankan pada waktu membongkar bagian yang lain, atau mengadakan perbaikan terhadapnya sehingga tidak runtuh.

Konstruksi perancah penyangga mendatar digunakan untuk menerima beban horizontal misalnya pada lubang bangunan dengan dinding pengaman atau pada bangunan yang berada di antara gedung yang lain (rumah berderet) untuk mengamankan dinding pemisah antar rumah selama pekerjaan bangunan berlangsung.

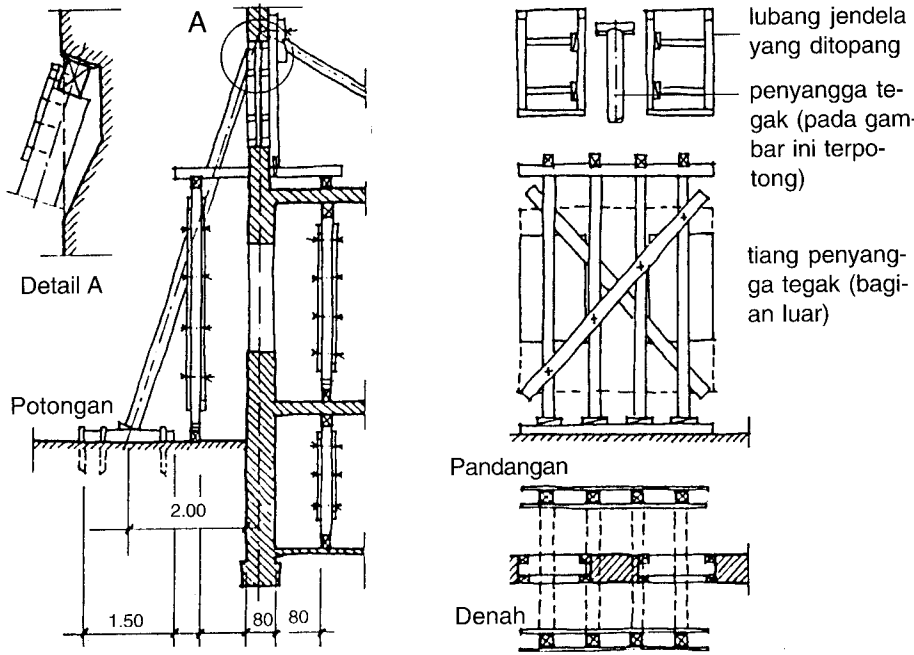
[103] digambar ulang menurut: Mönck, Willy et al. *Zimmererarbeiten.* edisi ke-5. Berlin: VEB, 1988. halaman 357



Sistem perancah penyangga tegak
a) balok penyangga; b) papan pengapit; c) balok penggerak penekan; d) tiang



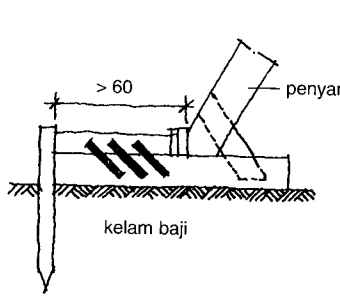
Sistem perancah penyangga mendatar
e) balok palang; f) balok bersilangan



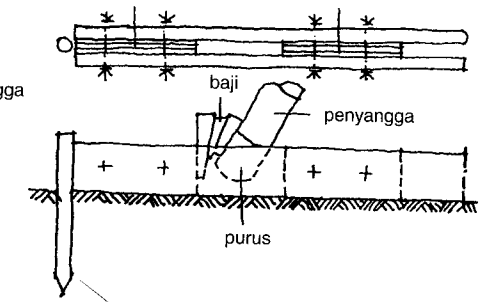
Konstruksi perancah penyangga tegak (untuk gaya vertikal) pada suatu perubahan struktur gedung lama[104]

[104] digambar ulang menurut: Frick/Knöll/Neumann. *Baukonstruktionslehre 2.* edisi ke-25. Stuttgart: Teubner, 1975. halaman 166

Pada konstruksi perancah penyangga tegak pada perubahan struktur gedung lama, perlu diperhatikan bahwa semua lubang dinding (jendela atau pintu) perlu ditopang sehingga dinding di kiri-kanannya tidak akan retak.

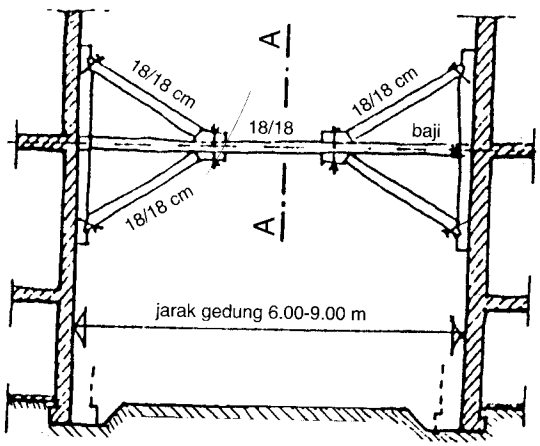


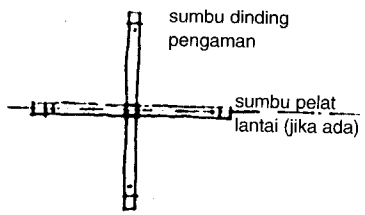
Pembuatan balok penggerak penekan dengan kelam



Pembuatan balok penggerak penekan dengan baji/purus bergerak

Pada konstruksi perancah penyangga mendatar (untuk gaya horizontal) di antara dinding rumah tetangga digunakan balok bersilangan pada ketinggian pelat lantai atau pada dinding yang melintang sehingga gaya horizontal dapat disalurkan ke bagian bangunan tersebut. Konstruksi perancah penyangga mendatar pada lubang bangunan dengan dinding pengaman akan menyampaikan gaya horizontal pada balok penyangga mendatar kepada balok memanjang dari dinding pengaman, dan reaksinya diterima oleh tekanan tanah.





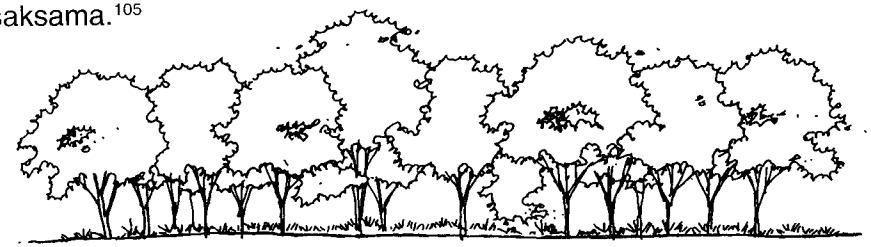
semua balok 18/18 cm
atau bulat ∅ > 20 cm

Konstruksi perancah palang (untuk gaya horizontal) di antara dinding rumah tetangga

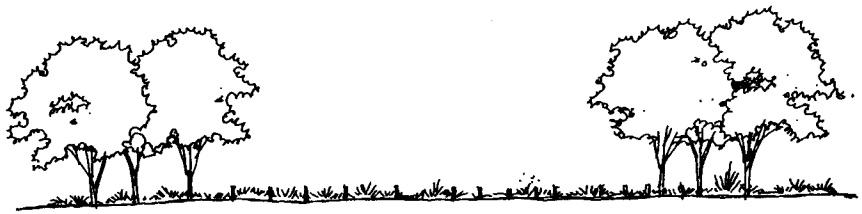
12. Pekerjaan halaman dan pertamanan

Seperti pembangunan gedung, juga pekerjaan halaman dan pertaman an merupakan tindakan yang mempengaruhi ekosistem setempat. Ekosistem alam yang lengkap tidak membutuhkan pemeliharaan atau subsidi energi karena dapat memelihara dan memenuhi sendiri, dan selalu berada dalam keseimbangan. Oleh karena itu, selalu harus dijaga agar tindakan-tindakan yang dilakukan selalu dalam keseimbangan dengan alam dan tidak merusak/memusnahkan.

Keberadaan hutan menghindari longsoran tanah dan menjaga keutuhan ketersediaan dan batas air tanah dan aliran sungai. Karena itu, perlu dipertimbangkan terlebih dahulu setiap penebangan pohon, apakah betul-betul tidak dapat dihindari. Hutan sebaiknya dipelihara dengan saksama.[105]



Keadaan hutan yang utuh menghindari longsornya tanah dan menyimpan air



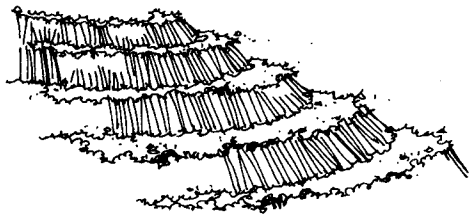
Hutan yang ditebang pada daerah tertentu yang di bawah 300 m^2 sekaligus

Penebangan pohon-pohon tertentu saja menjadi pelestarian hutan terbaik

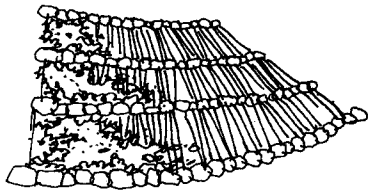
[105] Bdk.: Lyle, John Tillman. *Regenerative design for sustainable development.* New York: John Wiley, 1994. hlm. 152-154 (termasuk ilustrasi yang digambar ulang)

Pendidikan konstruksi bangunan di Indonesia pada umumnya memperhatikan pembangunan pada lahan datar saja, dan jika ingin membangun di lereng gunung, maka dilakukan potongan dan pengisian tanah *(cut and fill)*. Walaupun sistem ini menghindari kelebihan/kekurangan tanah karena banyaknya seimbang, kerusakan pada ekosistem sekitarnya cukup berat. Sebaiknya dalam hal ini dicari penyelesaian yang lebih tepat dengan rumah berlantai dua terbagi setengah tingkatan *(split-level)* atau konstruksi rumah panggung.

Persiapan pertamanan pada lereng gunung lebih sulit, dan biasanya menggunakan sistem sengked/teras atau dengan bantuan batu gunung besar yang diletakkan mengikuti garis kontur dan dengan demikian dapat menahan tanah longsor. Sistem sengked/teras pada tanah yang mudah longsor harus diperkuat dengan dinding penahan tanah atau dengan tanaman yang akar tunjangnya mengikat tanah dengan baik.



Pertamanan sengked yang berteras[106]



Pertamanan dengan batu gunung yang mengikuti kontur tanah

Jika ada aliran air pada lereng gunung yang curam, harus diusahakan memperlambat kecepatan aliran air tersebut sehingga tidak mengikis tanah subur pada tepi, misalnya dengan menggunakan bendungan-bendungan kecil sebagai berikut.

Bendungan tanah yang mengurangi kecepatatan air mengalir[107]

Bendungan tersebut dapat juga dibuat dari beronjong batu *(gabion)*

[106] digambar ulang menurut: Lyle, John Tillman. *op.cit.* halaman 155-156
[107] *ibid.* halaman 156-157

12.1 Jalan setapak, jalan kendaraan, dan plaza

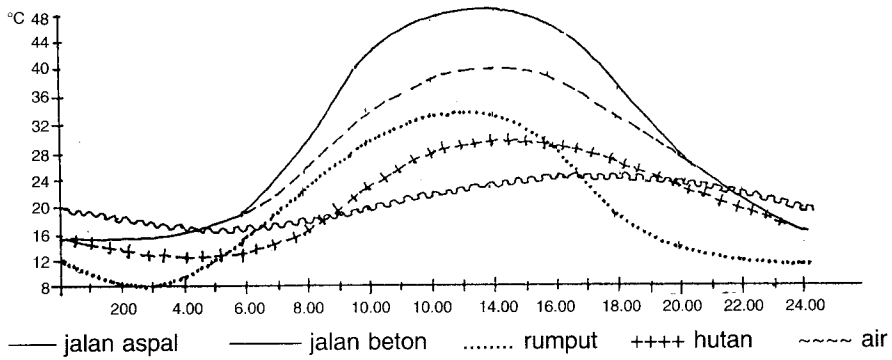
Pembangunan jalan setapak, jalan untuk kendaraan, dan plaza (termasuk tempat parkir), seperti juga pembangunan rumah mempengaruhi perembesan air hujan ke dalam tanah dan dengan begitu mempengaruhi kualitas dan banyaknya sumber air tanah yang terus-menerus menurun.

Pengaruh penutupan bumi atas perembesan air hujan[108]

Penutupan permukaan bumi oleh	menghindari rembesan air hujan pada tanah
atap rumah	100%
jalan aspal, jalan beton, dan sebagainya	90%
jalan berbatu-batu, batu jalanan *(paving block)*	85%
jalan berbatu dengan 50% rumput di antaranya	60%
jalan berkerikil	50%
tanaman berguna, tanaman kota	5-15%

Pembuatan jalan tersebut kemudian juga mempengaruhi iklim mikro dengan menaikkan suhu permukaan dan dengan begitu mempengaruhi kualitas lingkungan hidup pada jalan-jalan tersebut.

Pengaruh pembangunan jalan atas suhu pada permukaan[109]

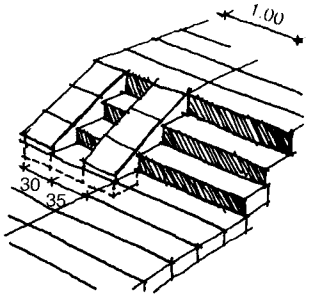


[108] Bdk.: Meyer. *Bäume in der Stadt.* 1982. dikutip dari: Verband Schweizerischer Gärtnermeister. *Mehr Pflanzen im Siedlungsraum.* Zürich 1986. halaman 17
[109] Fetzer. n.d. 1975. dikutip dari: Information des Ministeriums für Umwelt Baden-Württemberg. *Lebendige Wege.* Besser leben mit der Natur, Folge 2. Stuttgart 1988. halaman 2

12.1.1 Pengertian dan fungsi jalan setapak

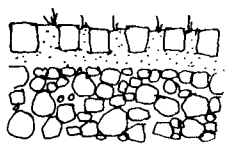
Pada perencanaan jalan setapak harus diperhatikan hal-hal berikut:

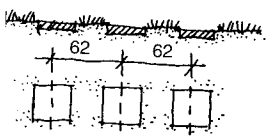
- Tanjakan jalan setapak yang enak ditempuh tidak boleh melampaui batas ± 7% dan mengikuti kontur tanah. Jika tuntutan ini tidak dapat dipenuhi, sebaiknya digunakan beberapa anak tangga, walaupun anak tangga mengakibatkan kesulitan bagi pengguna kursi roda, sepeda, atau gerobak (anak tangga sebaiknya dilengkapi dengan jalur sepeda dan gerobak).



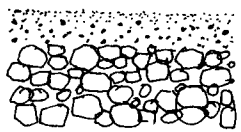
Tangga dengan jalur sepeda

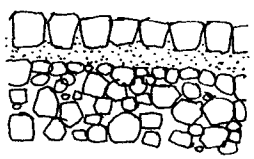
- Jalan setapak dibuat sedemikian sehingga pejalan kaki dapat melihat tujuan, akan tetapi jangan bergaris lurus karena membosankan (tapi juga jika jalan setapak terlalu melingkar, pejalan kaki akan menggunakan jalan pintas liar sehingga terjadi jalan baru yang becek).
- Sebagai pengarahan dapat diberi sederetan semak-semak berbunga, dan sebagai rambu pada perempatan dan sebagainya ditanami pepohonan. Jika jalan setapak agak panjang, jangan lupa membuat tempat beristirahat dengan pohon peneduh seperlunya.
- Jalan setapak sebaiknya dibuat dengan jalan berbatu dengan 50% rumput di antaranya atau berkerikil sebagai berikut[110]:


Jalan berbatu 10/10 cm dengan jarak 4 cm memenuhi kebutuhan agar 50% harus berumput



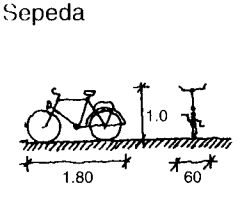
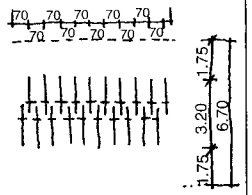
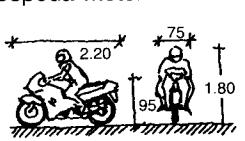
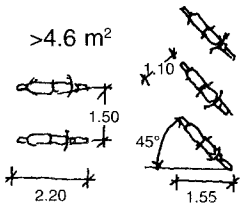
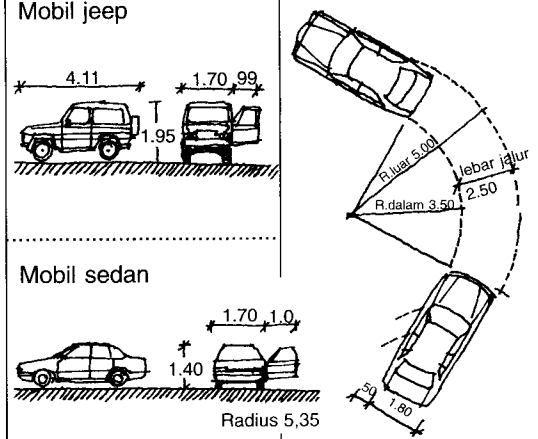
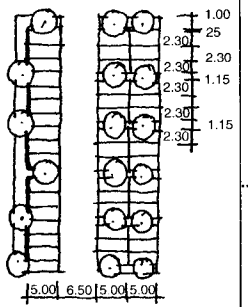
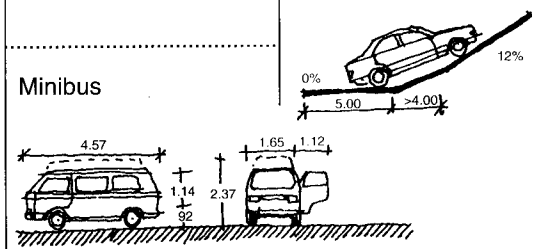
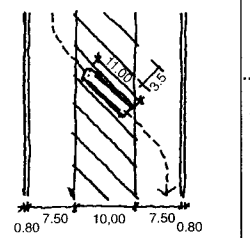
Potongan dan denah jalan setapak dengan pelat batu alam atau beton berjarak


Potongan jalan berkerikil dengan 1-2 cm kerikil berbutir, 5 cm napal, dan 15 cm batu-batuan

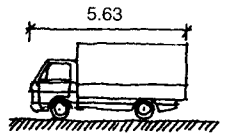
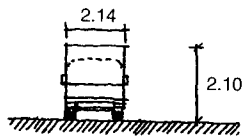
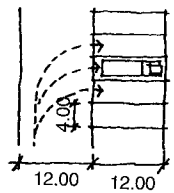

Potongan jalan berbatu atau batu jalanan dengan 3 cm pasir dan 15 cm batu-batuan (puing) sebagai landasan tidak memenuhi tuntutan untuk menjamin air hujan dapat merembes secukupnya

[110] digambar ulang menurut: Autorenkollegium. *Hochbau Konstruktionslehre.* vol. 4. Zürich 1987. halaman 350-351; Neufert, Peter/Neff, Ludwig. *Gekonnt planen – richtig bauen.* Braunschweig 1996. halaman 155

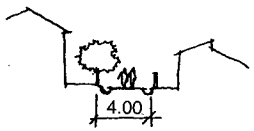
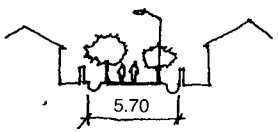
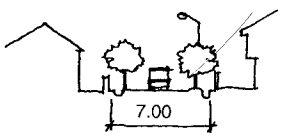
12.1.2 Jalan kendaraan dan kebutuhan ruang untuk bergerak[111]

Ukuran kendaraan	Kebutuhan ruang bergerak	Kebutuhan ruang parkir	Lingkaran putar (r)
Sepeda		>1.7 m² 	1.75 m
Sepeda motor		>4.6 m² 	1.75 m
Mobil jeep		>19.4 m² 	10.00 m
Mobil sedan			11.00 m
Minibus			11.00 m

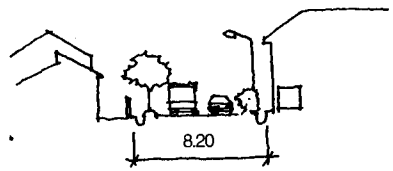
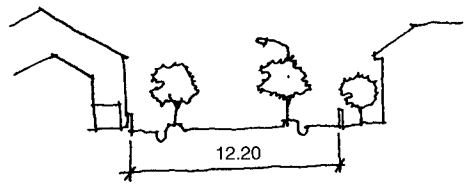
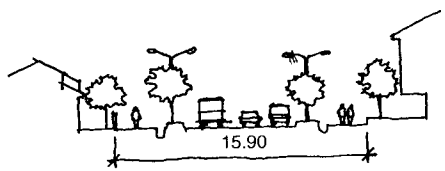
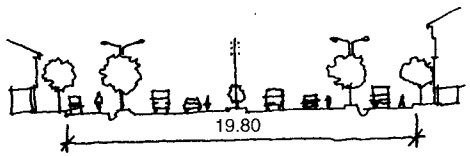
[111] Neufert, Peter/Neff, Ludwig. *op.cit.* hlm. 119-126

Truk kecil 		>24.3 m² 	14.00 m

Jenis-jenis jalan untuk kendaraan dan lebar minimalnya (makin sempit jalan untuk kendaraan bermotor yang berlawanan arah, makin rendah kecepatan yang ditempuh kendaraan)

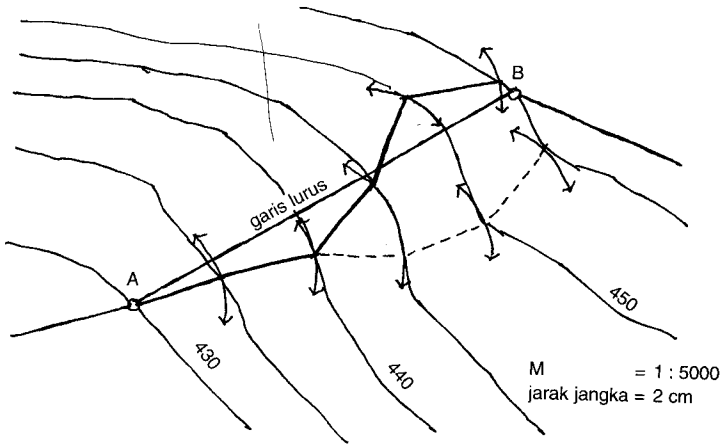
Jenis jalan untuk kendaraan	lebar jalan minimum	radius minimum pada tikungan[112]	tanjakan jalan
 Jalan pencapaian rumah/tempat parkir (jalan berbatu dengan 50% rumput di antaranya atau jalan berkerikil)	3.00 m + 2× 0.50 m saluran air hujan	3.50 m (pada tepi jalan paling dalam)	12%
 Jalan pencapaian di dalam kampung (jalan berbatu dengan 50% rumput di antaranya atau jalan berkerikil)	3.50 m+ 2× 0.60 m bahu jalan (penghijauan) + 2× 0.5 m saluran air hujan	4.00 m (pada tepi jalan paling dalam)	10%
 Jalan pencapaian di perkotaan (jalan aspal, beton atau berbatu-batu)	4.00 m+ 2× 1.00 m bahu jalan (penghijauan) + 2× 0.5 m saluran air hujan	21.00 m (pada tepi jalan paling dalam)	10%

[112] Bdk.: Dietrich, K. et al. *Strassenprojektierung.* edisi ke-8. Zürich: IVT-ETH, 1995. hlm. 9.4; Kuonen, V. *Wald- und Güterstrassen.* Zürich 1983. hlm. 137

Jenis jalan untuk kendaraan	lebar jalan minimum	radius minimum pada tikungan	tanjakan jalan
 Jalan distribusi tanpa jalur bis umum (jalan aspal, beton atau berbatu-batu)	5.00 m + 2× 1.00 m bahu jalan (penghijauan + 2× 0.6 m saluran air hujan	35.00 m (pada tepi jalan paling dalam)	7%
 Jalan distribusi dengan jalur bis umum (jalan kendaraan diaspal, jalan setapak berbatu-batu)	6.00 m + 2× 1.00 m bahu jalan (penghijauan) + 2× 0.6 m saluran air + 2×1.5 m jalan setapak	45.00 m (pada tepi jalan paling dalam)	7%
 Jalan penghubung di luar kota (2 jalur) (jalan kendaraan diaspal, jalan setapak berbatu-batu)	7.30 m + 2× 1.00 m bahu jalan (penghijauan) + 2× 0.8 m saluran air + 2x 2.5 m jalan setapak	75.00 m (pada tepi jalan paling dalam)	7%
 Jalan penghubung di luar kota (4 jalur) (jalan kendaraan diaspal, jalan setapak = marka berbatu-batu)	14.6 m + 3× 1.00 m bahu jalan (penghijauan) + 2× 0.8 m saluran air + 2× 3.0 m jalan setapak	120.00 m (pada tepi jalan paling dalam)	5%

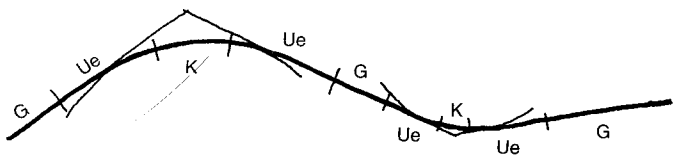
12.1.3 Perencanaan jalan

Penentuan sumbu jalan *(alinement).* Seleksi awal garis sumbu dugaan jalan dilaksanakan sebelum pekerjaan konstruksi dimulai agar mendapatkan alur yang baik. Garis sumbu dugaan jalan terbaik adalah garis yang mengikuti garis kontur atau yang naik-turun secara merata. Hal ini dapat dilaksanakan dengan jangka yang menetapkan jarak horizontal yang ingin ditempuh di antara dua garis kontur sebagaimana terlihat pada gambar berikut.[113]



Contoh penentuan garis sumbu dugaan jalan dari titik A ke titik B. Kemiringan jalan naik-turun yang diinginkan adalah 5%. Karena skala gambar 1:5'000 dan jarak garis kontur 5 m, maka jangka menetapkan 5% dari 5.00 m = 100 m (20 mm dalam skala 1:5'000). Pada setiap titik di mana jangka ditancapkan selalu terdapat dua alternatif sumbu dugaan jalan.

Penentuan garis sumbu dugaan jalan yang horizontal ditetapkan berbentuk poligon, garis sumbu kemudian menentukan sumbu jalan sebagai suatu rangkaian antara bagian jalan yang lurus dan tikungan terkait.



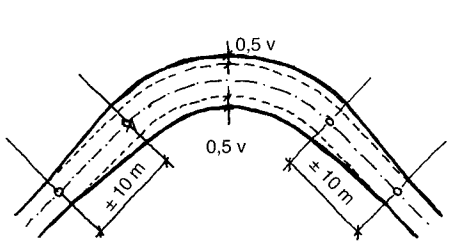
Garis sumbu jalan yang ikut garis dugaan yang berbentuk poligon bergaris lurus (G), diperbaiki dengan garis lingkaran (K) dan garis peralihan (Ue)

[113] digambar ulang menurut: Dietrich, K. et al. *op.cit.* hlm.12.6-7; Bdk. juga: Frick, Heinz. *Ilmu dan alat ukur tanah.* edisi ke-4. Yogyakarta: Kanisius, 2000. hlm. 49-50

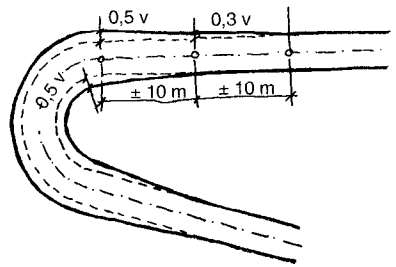
Pada tikungan (di bawah 100.0 m garis tengah) jalan harus diperlebar karena kendaraan beroda empat membutuhkan lebih banyak tempat untuk mengambil tikungan.

Pelebaran jalan (v) berhubungan dengan garis tengah tikungan (r)[114]

garis tengah r (m)	>8	>10	>12	>15	>20	>29	>52	>87	>100
pelebaran v (m)	1.80	1.40	1.20	1.00	0.80	0.60	0.50	0.20	0.00



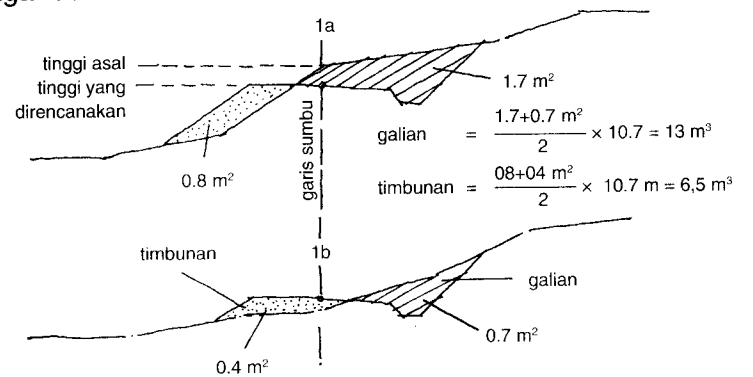
Pelebaran jalan pada tikungan biasa



Pelebaran jalan pada tikungan balik

Perlu diperhatikan bahwa pada tikungan balik tanjakan jalan harus dikurangi (menjadi separo dari tanjakan jalan biasa).

Penentuan potongan lintang jalan pada umumnya direncanakan sedemikian rupa sehingga banyaknya tanah yang digali sedapat mungkin dibuat sama dengan banyaknya tanah yang diperlukan untuk menimbun sebagai berikut.[115]



Potongan lintang jalan dengan perhitungan galian/timbunan tanah

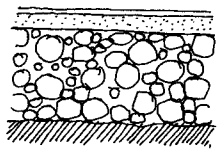
[114] menurut: Kuonen, V. *op.cit.* halaman 161-162

[115] Bdk.: Frick, Heinz. *Ilmu dan alat ukur tanah. op.cit.* halaman 39

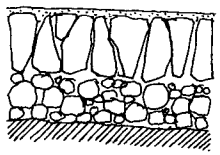
Kelandaian lerengan galian dan timbunan biasanya berbeda menurut keadaan tanah dan stabilitasnya di tempat pembuatan jalan tersebut.[116] Lerengan galian biasanya dapat dipilih lebih curam (mis. 4:5, 1:1, atau 5:1) daripada lerengan timbunan (mis. 4:5, 2:3, atau 1:2).[117]

12.1.4 Konstruksi jalan dan selokan air hujan

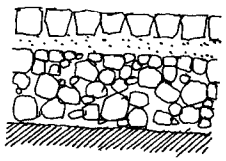
Pembangunan atau susunan lapisan pada konstruksi badan jalan dapat dilakukan sebagai berikut.



Jalan aspal
aspal muka jalan 2 cm
aspal dasar jalan 8 cm
lapisan pasir
urugan kerikil > 30 cm



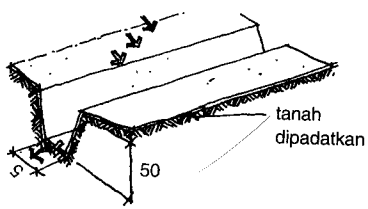
Jalan berbatu
(pelaburan lapis resap
dgn. aspal cair 0.9 l/m²)
lapisan batu belah 20 cm
urugan kerikil > 15 cm



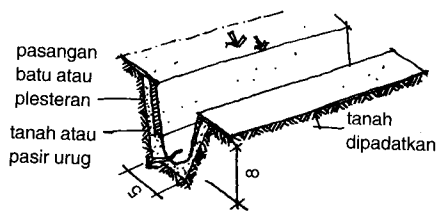
Jalan batu jalanan
batu jalanan *(paving block)* 6 cm
lapisan pasir kasar 5 cm
urugan kerikil > 30 cm

Setiap jalan harus memiliki kemiringan melintang minimal 3% (jalan aspal) atau 5% (jalan berbatu) ke salah satu sisi atau dari sumbu jalan ke arah sisi kanan maupun sisi kiri. Lebar jalan dibatasi dengan bahu jalan yang menghindari kerusakan tepi jalan, dan dengan selokan air hujan (dan air limbah).

Selokan air hujan tersebut dibuat di samping bahu jalan di mana kemiringan melintang menyalurkan air hujan. Di daerah pegunungan selokan tersebut selalu terletak pada bagian jalan yang menyinggung lereng gunung. Selokan dapat dibuat dari tanah saja atau dari batu.



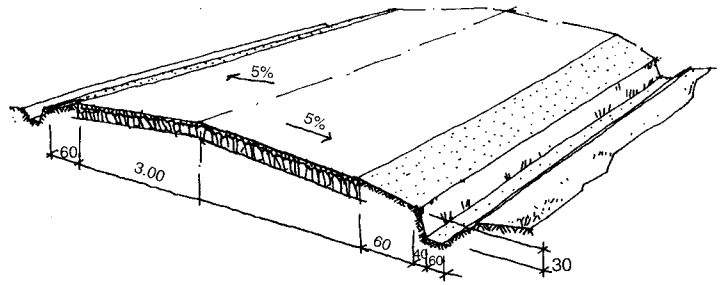
Selokan air hujan/limbah dari tanah



Selokan air dari bis-belah beton

[116] lihat: Frick, Heinz/Pujo. L Setiawan. *Ilmu konstruksi struktur bangunan.* Yogyakarta: Kanisius, 2001. halaman 32 (pencegahan longsoran tanah galian)
[117] Bdk.: Kuonen, V. *op.cit.* halaman 166

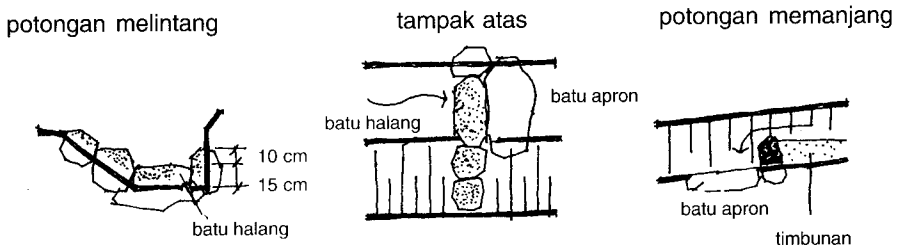
Selokan air hujan dan air limbah yang paling sederhana digali dalam tanah saja dengan kemiringan < 45° terhadap bahu jalan dengan kedalaman 30-50 cm.[118]



Selokan air hujan/limbah yang paling sederhana di samping bahu jalan

Apabila kemiringan memanjang pada selokan air hujan/limbah dari tanah melebihi 4%, maka air akan mengalir dengan kecepatan tinggi dan merusak palung selokan. Dalam hal ini digunakan konstruksi selokan dengan bis-belah beton atau tangga selokan yang mengurangi kecepatan aliran air. Jarak antara anak tangga masing-masing tergantung pada kemiringan dan kondisi tanah pada palung selokan.

Semakin curam jalan dan semakin lunak tanah, semakin dekat anak tangga selokan itu dipasang. Agar dicapai pengurangan kemiringan efektif yang diharapkan, maka jarak antara anak tangga selokan adalah 15.0 m pada kemiringan jalan 6°, 8.00 m pada kemiringan jalan 7°, 5.00 m pada kemiringan jalan 8°, dan seterusnya.

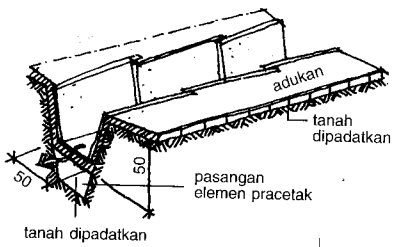


Pembuatan tangga selokan yang baik

Tangga selokan terdiri dari 4 buah 'batu penghalang' yang dipasang tegak dan ditanam benar-benar dalam lereng dan bagian palung selokan. Batu lemping dipasang pada tempat air jatuh dari anak tangga

[118] Beusch, Andreas et al. *Pembangunan jalan biaya murah di Indonesia.* Bern 1997. hlm 25; Bdk. juga: UN Economic Commission for Africa (ed.) *Road maintenance handbook.* vol I-III. Köln 1982

untuk menghindari pengikisan. Tanah yang berasal dari lubang tempat batu tersebut digunakan untuk mengisi/menimbun bagian belakang anak tangga selokan sehingga dapat menahan lumpur di baliknya.



Tentu saja, selokan air hujan dan air limbah dapat juga memakai tangga selokan yang dibuat dari elemen palung beton prakilang.

Selokan air dari elemen palung beton

12.2 Dinding penahan tanah dan pencegahan erosi

12.2.1 Pengertian dan fungsi dinding penahan tanah

Tugas primer suatu struktur dinding penahan tanah adalah menampung dan menyalurkan tekanan yang diakibatkan oleh tanah. Berhubungan dengan konstruksi struktur, dinding penahan tanah menurut prinsip statisnya dapat dibagi atas:

- Dinding penahan tanah gaya berat tinggi;
- Dinding penahan tanah siku dan konsol;
- Dinding penahan tanah berjangkar.

Pilihan jenis dan konstruksi dinding penahan tanah tergantung pada keadaan setempat (terutama berhubungan dengan tempat pekerjaan dan bahaya tanah longsor).

12.2.2 Konstruksi dinding penahan tanah

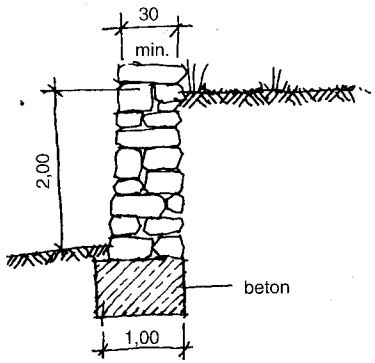
Dinding penahan tanah gaya berat tinggi[119]

Pada dinding penahan tanah gaya berat tinggi, bobot dinding penahan tanah menyalurkan beban tanah ke fondasinya.

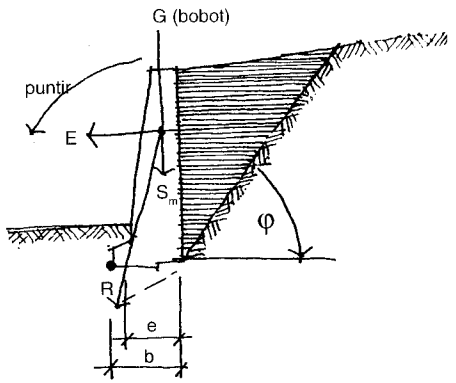
Jika dinding penahan tanah gaya berat tinggi dibuat dari batu kali, perencanaannya berdasarkan kaidah bahwa lebar landasan seharusnya minimal separo dari tingginya.

[119] menurut: Kennel, U. *Baukonstruktionslehre – Grundbau.* Lecture script ATV. Vaduz 1986. halaman 67-72, 78a, b, f

Pada dinding penahan tanah gaya berat tinggi dari beton, ukuran beton harus dipilih sedemikian rupa sehingga resultante dari tekanan tanah dan bobot dinding penahan tanah pada dasar fondasi masih berada di dalam penampang lintang dinding tersebut (e = 5/6 · b = 0.833 b).

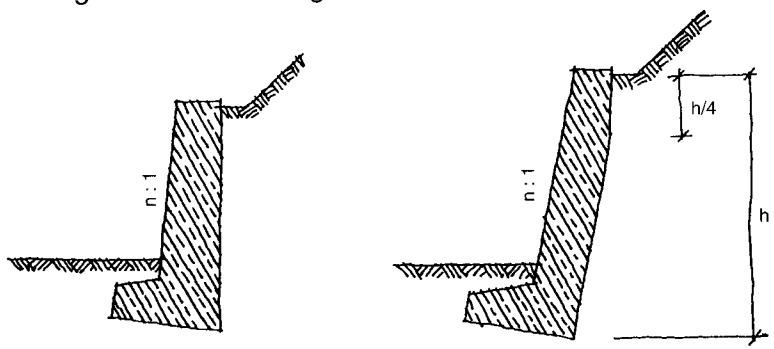


Dinding penahan tanah gaya berat dari batu kali



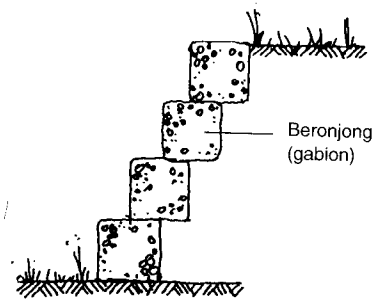
Dinding penahan tanah gaya berat tinggi dari beton

Supaya efisiensi dinding penahan tanah gaya berat tinggi dari beton dapat ditingkatkan, maka pada umumnya dinding penahan tanah gaya berat tinggi direncanakan dalam keadaan miring untuk menghemat bahan bangunan beton sebagai berikut:

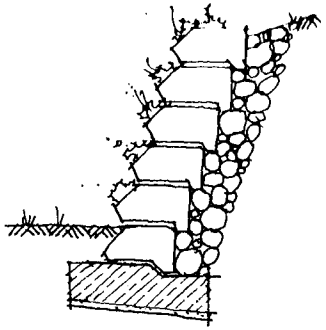


Dinding penahan tanah gaya berat tinggi dengan kemiringan 3 : 1 sampai 5 : 1

Konstruksi dinding penahan tanah gaya berat tinggi dapat juga dibuat, selain dari batu kali atau beton, dari beronjong *(gabion)* berupa keranjang panjang terbuat dari kawat kasa baja yang diisi batu-batu, dengan elemen prakilang dari beton (elemen sendok beton) atau ban bekas mobil (yang dua-duanya dapat diisi dengan tanah dan tanaman) sebagai berikut.



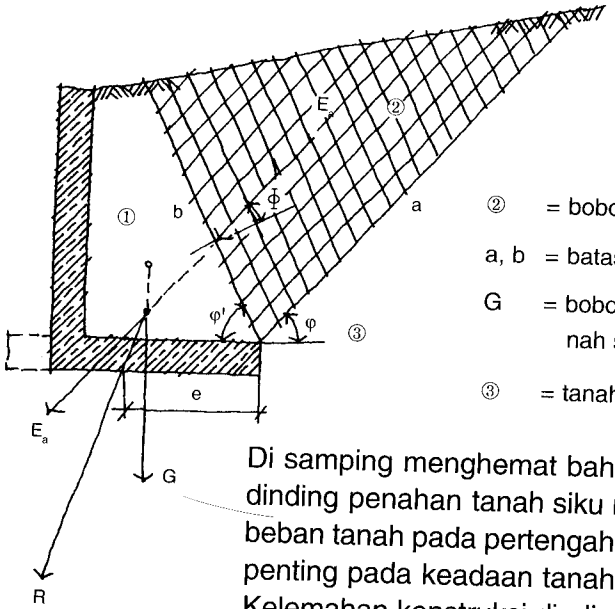
Susunan beronjong sebagai konstruksi dinding penahan tanah gaya berat tinggi pada keadaan lereng gunung yang kurang stabil



Dinding penahan tanah gaya berat tinggi dengan elemen beton prakilang yang dapat diisi dengan tanah dan tanaman

Dinding penahan tanah siku dan konsol[120]

Keuntungan dinding penahan tanah siku dan konsol terletak pada penggunaan sebagian dari tekanan tanah sebagai bobot dinding. Pada konstruksi ini timbul momen lentur yang tinggi dan yang menuntut konstruksi beton bertulang.



② = bobot tanah longsor

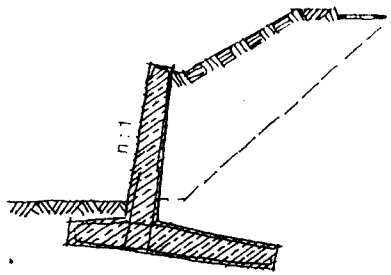
a, b = batasan tanah meluncur

G = bobot dinding penahan tanah siku, termasuk tanah ①

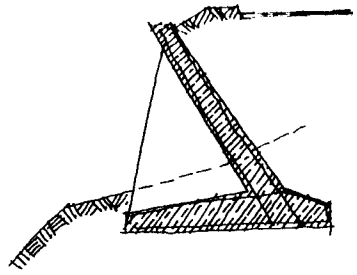
③ = tanah yang stabil

Di samping menghemat bahan bangunan beton, dinding penahan tanah siku memusatkan saluran beban tanah pada pertengahan dasar fondasi yang penting pada keadaan tanah yang kurang stabil. Kelemahan konstruksi dinding penahan tanah siku adalah penggalian tanah yang sangat besar.

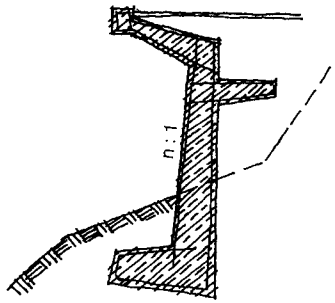
[120] menurut Kennel, U. *op cit.* halaman 73-77, 78c – e



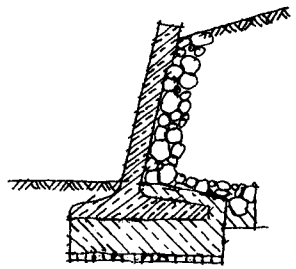
Dinding penahan tanah siku yang biasa dengan kemiringan 5 : 1 s/d 10 : 1



Dinding penahan tanah siku yang biasa dengan dinding penahan terbuka



Dinding penahan tanah berkonsol pada keadaan tempat yang terbatas



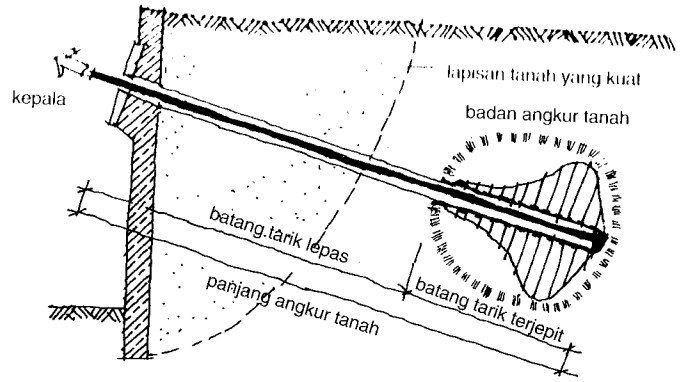
Dinding penahan tanah siku yang prakilang dengan tingginya maks. 2.00 m

Dinding penahan tanah dengan angkur tanah

Seperti dinding pengaman dalam tanah galian atau dinding bendungan (turap), juga dinding penahan tanah dapat distabilkan dengan menggunakan angkur tanah. Dinding penahan tanah dengan angkur tanah dapat menghemat bahan bangunan beton bertulang. Angkur tanah merupakan batang tarik yang tertanam dalam lapisan tanah yang kuat dan yang mengikat dinding penahan tanah sehingga tidak puntir.

Angkur tanah terdiri dari tiga bagian, yaitu:

- kepala dengan pelat landasan yang mengikat dinding penahan tanah pada batang tarik;
- batang tarik yang menyampaikan gaya tarik ke bagian angkur tanah yang terletak dalam lapisan tanah yang kuat. Batang tarik terdiri dari batang baja khusus dan pipa pelindung, yang sekaligus mengalirkan injeksi mortar ke bagian angkur tanah; dan
- angkur tanah dengan badan angkur (injeksi mortar yang sudah mengeras) menyampaikan gaya tarik kepada lapisan tanah yang kuat.



Angkur tanah yang mengikat dinding penahan tanah

12.2.3 Pencegahan biologis terhadap erosi lerengan[121]

Perkembangan dan pengalaman pada pencegahan biologis terhadap erosi lerengan memungkinkan penyediaan dinding penahan tanah atau pekerjaan tanggul dan tepi perairan secara alamiah.

Pada prinsipnya, dimanfaatkan bahan bangunan setempat seperti tanah (tanah liat), batu alam, air, kayu, semak belukar dan perdu yang dilengkapi menurut kebutuhan dengan alat bantuan teknis (kawat, baja beton, geotekstil, dan sebagainya).

Sistem tradisional semacam pagar anyaman tangkai diperkembangkan menjadi sisipan cangkok perdu dan berkas tangkai dan cangkok terikat *(fascine)*. Unsur utama pada pencegahan biologis terhadap erosi lerengan adalah tumbuhan alam dengan daya tahan mekanis oleh akarnya dan daya regenerasi yang sangat tinggi.

Daya tahan mekanis oleh akar sebagai angkur tanah dapat dihitung sebagai berikut[122]:

- Rumput-rumput (misalnya alang-alang) 0.5-1.0 N/cm²
- Semak belukar (misalnya mimosa) 0.3-6.0 N/cm²
- Perdu (misalnya trembesi) 1.0-7.0 N/cm²

Perdu menumbuhkan dengan akarnya konstruksi rangka batang dalam ruang yang sangat rumit dan kuat di dalam tanah. Ada perdu (misalnya petai cina, kersen, trembesi, atau nimba) yang menumbuhkan akarnya sampai 6.00 m ke dalam tanah dan mengikatnya.

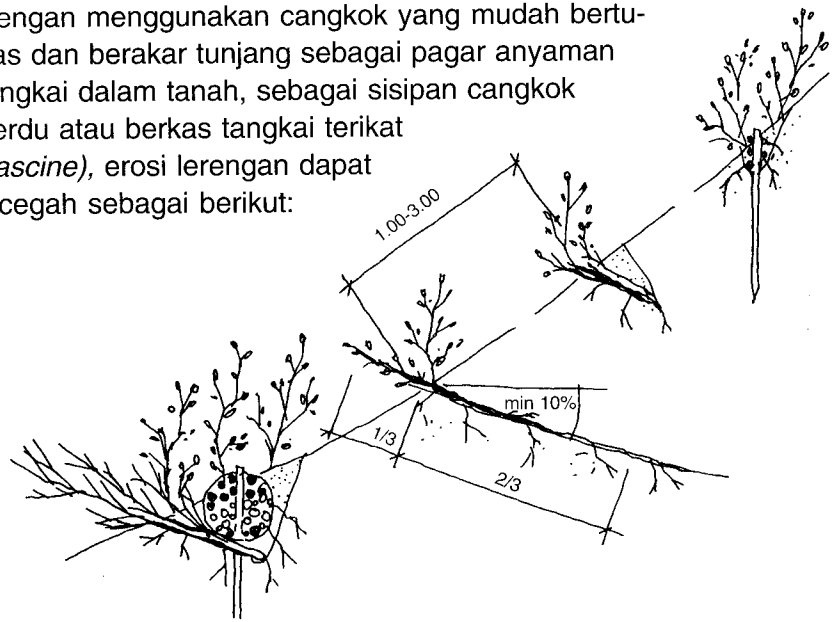
[121] menurut: Zeh, Helgard. *Ingenieurbiologie oder vom Bauen mit Pflanzen.* Ms. Worb 1984

[122] Schiechtl, H.M. *Sicherungsarbeiten im Landschaftsbau.* München: Callwey, 1973

Semua tumbuh-tumbuhan memiliki sifat-sifat khusus menurut keadaan tanah, iklim, persediaan air, serta komunitas alam dalam ekosistem setempat. Karena itu, pilihan jenis tanaman sangat penting jika erosi lerengan hendak dicegah secara berkesinambungan.

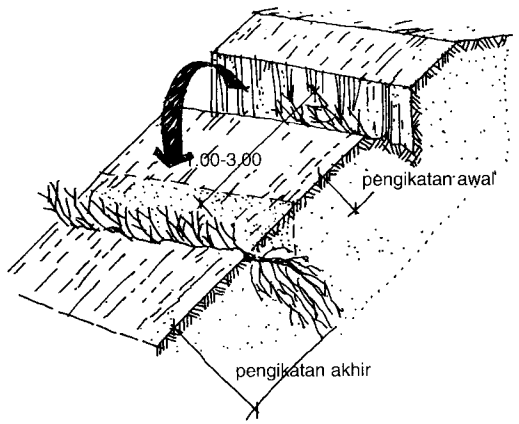
Pencegahan erosi lerengan sederhana

Dengan menggunakan cangkok yang mudah bertunas dan berakar tunjang sebagai pagar anyaman tangkai dalam tanah, sebagai sisipan cangkok perdu atau berkas tangkai terikat *(fascine)*, erosi lerengan dapat dicegah sebagai berikut:



Berkas tangkai terikat *(fascine)*, sisipan cangkok perdu dan pagar anyaman tangkai

Pembangunan sisipan cangkok perdu dapat dilakukan pada praktek sebaiknya dengan kerja tangan sebagai berikut:

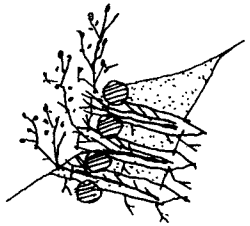


Pencegahan erosi lerengan dengan pembangunan sisipan cangkok perdu yang akan mengikat lerengan gunung

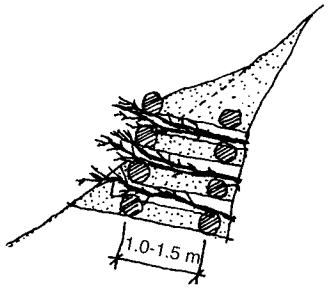
Pencegahan erosi dengan menggunakan bahan tambahan

Pencegahan erosi dengan menggunakan bahan tambahan dapat dilakukan sebagai pagar *palisade* (suatu perkembangan pagar anyaman tangkai), sebagai bantalan hijau tunggal maupun berganda atau sebagai beronjong *(gabion)* yang ditanami sebagai berikut.

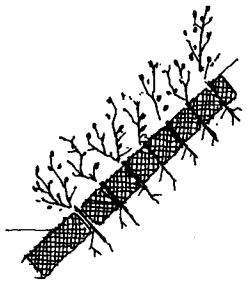
Pagar *palisade*



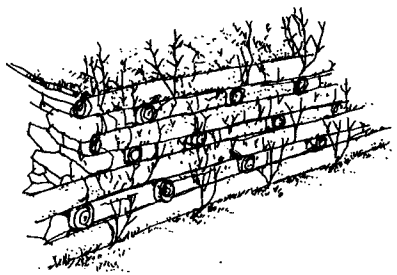
Bantalan hijau tunggal



Bantalan hijau berganda

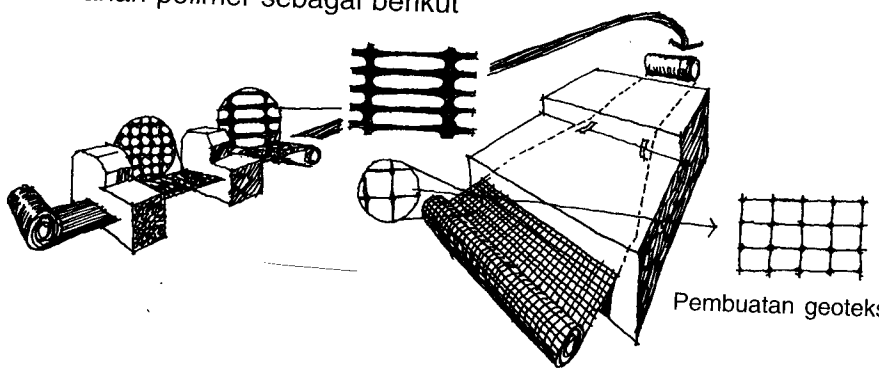


Susunan beronjong sebagai tepi perairan yang ditanami



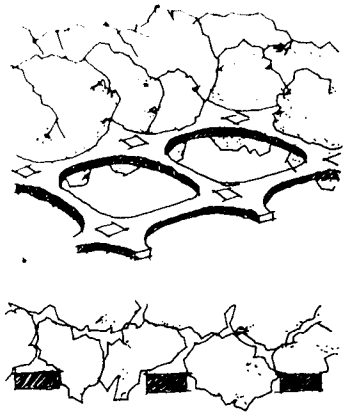
Isometri bantalan hijau yang selesai

Kemungkinan lain adalah penggunaan geotekstil.[123] Geotekstil dibuat dari bahan polimer sebagai berikut

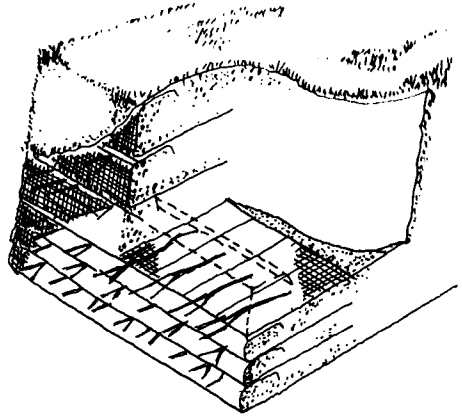


Pembuatan geotekstil

[123] menurut: Wehrli, E. *Geogitter, neue Produkte – neue Möglichkeiten.* Majalah SI+A 30-31/1989. halaman 822-823



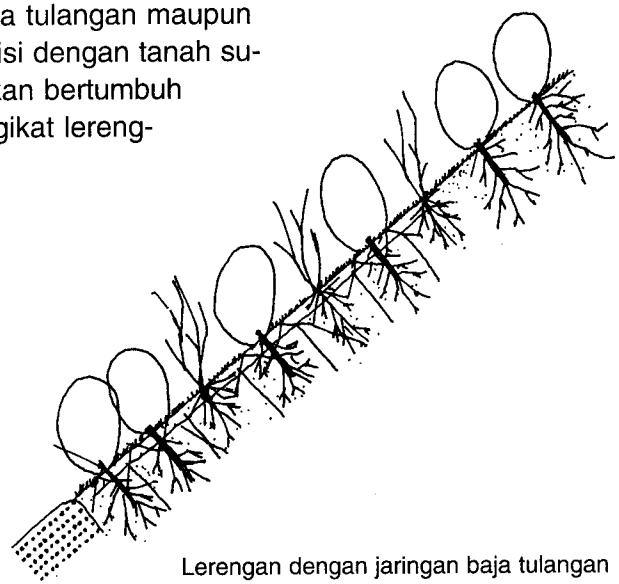
Geotekstil mengikat tanah dan kerikil tanpa menghambat rembesnya air



Penggunaan geotekstil pada pembangunan tanggul secara berlapis dengan menggunakan cangkok

Kemungkinan lain untuk mencegah erosi ialah penggunaan jaringan baja tulangan[124] atau *concrete lawn block* yang diletakkan pada lereng-an dengan kemiringan ± 2:3. Jaringan baja tulangan akan dipaku dengan kaitan baja tulangan ke dalam lerengan sedangkan *concrete lawn block* dipaku dengan cangkok yang mudah bertunas dan berakar. Kemudian jaringan baja tulangan maupun *concrete lawn block* diisi dengan tanah subur sehingga perdu akan bertumbuh dengan baik dan mengikat lereng-an dengan akarnya.

Lerengan dengan *concrete lawn block*



Lerengan dengan jaringan baja tulangan

[124] Menurut: Weibel, Thomas. *Ingenieurbiologische Sicherung einer rutschgefährdeten Böschung.* Majalah SI+A 10/1982. halaman 154-155

Pilihan perdu yang baik terhadap erosi tanah

Perdu yang baik terhadap erosi tanah dan untuk mencegah kelongsoran dengan akarnya dapat

- ditanam sebagai tiang pagar anyaman tangkai atau *palisade*;
- diletakkan sebagai cangkok pada sisipan perdu, bantalan hijau, atau di antara beronjong *(gabion)*; atau
- diikat sebagai berkas tangkai dan cangkok terikat *(fascine)*.

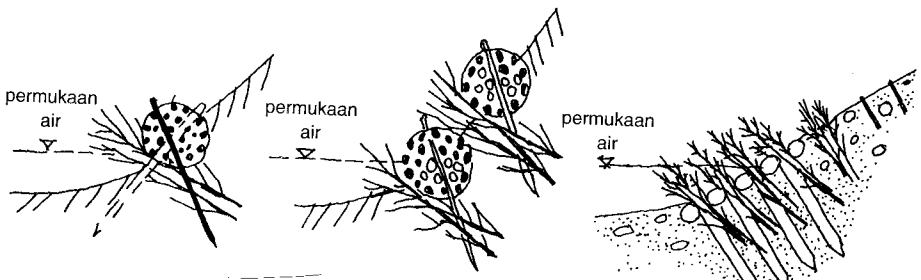
Tentu saja setiap perdu memiliki sifat-sifat khusus menurut keadaan tanah, iklim, persediaan air, serta komunitas alam dalam ekosistem setempat. Yang kiranya dapat dimanfaatkan adalah

- Petai cina *(Leguminosae leucaena glauca)*;
- Janti *(Leguminosae sesbania sesban)*;
- Yang Lioe *(Salicaeae salix tetrasperma* atau *salix babylonica)*;
- Kembang Jepun *(Apocynaceae thevetia peruviana)*;
- Kersen *(Rosaceae prunus cerasus)*; atau
- Nimba *(Meliaceae azadirachta indica),* dan lain-lain.

12.3 Pekerjaan tanggul, tepi perairan

12.3.1 Tanggul dan tepi perairan yang alamiah

Penggunaan berkas tangkai perdu yang diikat *(fascine)* dihubungkan dengan penggunaan sisipan cangkok yang mudah bertunas dan berakar merupakan sistem biologis yang sangat cocok pada tepi perairan. Kemungkinan lain adalah penggunaan bantalan hijau tunggal sebagai berikut.[125]



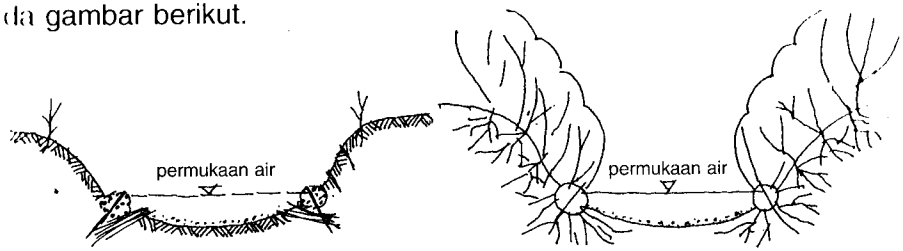
Tepi perairan dengan berkas tangkai tunggal

Tepi perairan dengan berkas tangkai ganda

Tepi perairan dengan bantalan hijau tunggal

[125] Digambar ulang menurut: Zeh, Helgard. *op.cit.* halaman 5, 10

Tepi perairan yang dibuat dengan sistem biologis tersebut akan menumbuhkan suatu tanggul yang alamiah dan kuat seperti terlihat pada gambar berikut.

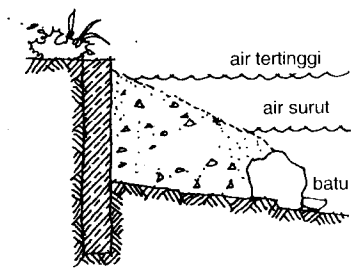


Tepi perairan yang baru dibuat

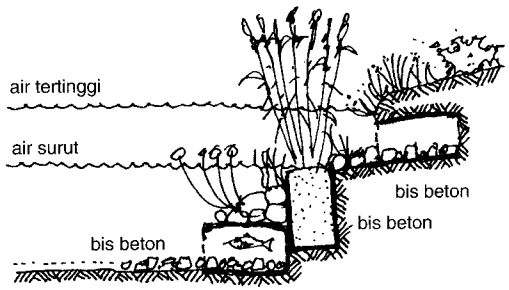
Tepi perairan sesudah beberapa tahun

12.3.2 Tindakan konstruktif terhadap erosi air

Jika tindakan konstruktif terhadap erosi air dibutuhkan (misalnya karena lahan yang tersedia tidak mengizinkan penggunaan tanggul alamiah dan sebagainya), maka perlu dipertimbangkan bahwa tepi air merupakan ekosistem terkaya di dunia. Tepi perairan merupakan tempat pertemuan ekosistem dataran, ekosistem rawa gambut, serta ekosistem perairan. Karena di Indonesia sering perairan dimanfaatkan sebagai sarana transportasi sampah secara gratis saja, maka kesadaran terhadap sumber air minum sebagai sumber kehidupan perlu ditingkatkan. Karena itu, tanggul keras yang merupakan tembok batu alam atau beton perlu dihindari. Walaupun demikian, tetap ada penyelesaian sebagai berikut.[126]



Tanggul tembok batu alam atau beton yang tersembunyi dengan batu alam dan kerikil kasar yang terwujud dalam keadaan air surut saja



Tanggul setinggi air surut saja dibuat dari bis beton yang bagian atasnya dapat ditanami. Tanggul yang menghindari air banjir memberi sarang bagi binatang ekosistem rawa gambut

[126] Digambar ulang menurut: Krusche, Per et al. *Ökologisches Bauen.* Wiesbaden: Bauverlag, 1982. halaman 88-89

Tugas 8:

1. Merencanakan jalan distribusi (lebar 6.00 m, 2 × 1.00 m bahu jalan, 2 × 0.6 m selokan, dan 1.5 m jalan setapak) dari titik A ke titik B pada gambar topografi di atas (jika gambar tersebut difotokopi sebesar 133%, terdapat peta berskala 1: 5'000). Menentukan sumbu jalan *(alinement)* dan potongan lintang jalan pada umumnya dan pada tempat tikungan sungai C.
2. Merencanakan jalan pencapaian untuk rumah makan D yang terletak di puncak gunung (lebar 3.50 m, 2 × 0.60 m bahu jalan, 2 × 0.5 m selokan). Menentukan sumbu jalan *(alinement)* dan potongan lintang jalan.
3. Merencanakan tanggul dan tepi perairan yang alamiah untuk jalan distribusi (soal 1 di atas) pada tikungan sungai yang rawan kikisan.

12.4 Kolam

12.4.1 Kolam sebagai biotop

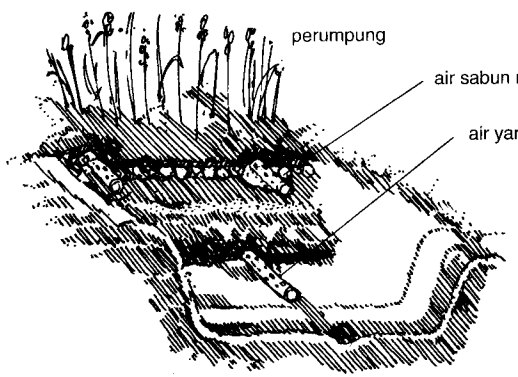
Kolam secara alamiah tercipta oleh sungai yang banjir di bagian pinggirnya. Kolam ini tahan sampai sungai meluap lagi. Kolam lain tercipta oleh tanah longsor yang membendung aliran air yang ada. Air yang tidak bergerak lagi di dalam kolam dengan cepat memberi ruang hidup ekologis yang bernilai tinggi (kodok, kadal, kumbang, serangga, nyamuk, capung, dan lain-lain, akan tetapi juga tanaman rawa-rawa seperti perumpung atau pandan air mulai hidup di situ) dan dalam waktu singkat terjadilah keseimbangan ekologis.

Kolam yang dibangun manusia sebaiknya meniru keadaan ini sejauh mungkin. Di samping hal itu, kolam biasanya juga memenuhi tugas tertentu sebagai perhiasan kebun, sebagai cermin yang mencahayai gedung secara tidak langsung, sebagai pengolahan air limbah, kolam ikan atau itik, kolam renang, dan sebagainya.

Untuk menghindari terjadinya hal-hal yang tidak diinginkan (misalnya banyak nyamuk, bau busuk, dan sebagainya), maka sebaiknya air kolam selalu mengalir (dalam hal kolam renang biasanya aliran buatan berkaitan dengan penjernihan air), kecuali pada kolam ikan, karena larva nyamuk merupakan makanan ikan tersebut.

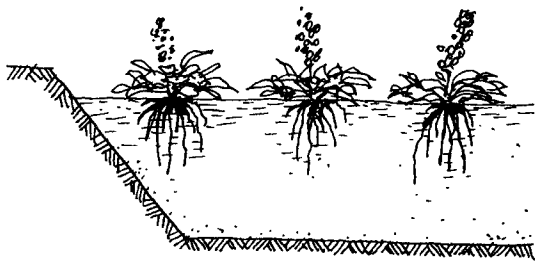
12.4.2 Kolam sebagai pengolahan air sabun

Kolam sebagai pengolahan air sabun *(aquatic sewage treatment)* merupakan suatu rangkaian kolam berikut daerah rawa-rawa di mana air makin bersih dari kolam ke kolam.



Tempat berawa-rawa yang mengolah air sabun (tanpa tinja) dengan tanaman khusus seperti perumpung, pandan air, atau jenis pisang tertentu

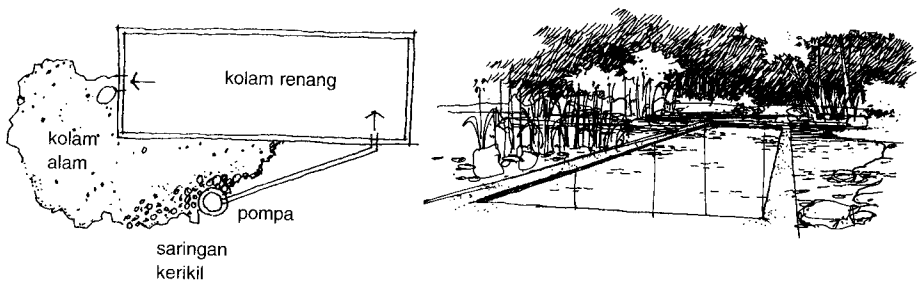
Air limbah (tanpa tinja) dialirkan dari tempat berawa-rawa ke kolam yang bertingkat-tingkat. Pada kolam pertama diadakan tanaman air seperti pakis air *(Azollaceae azolla pinnata)* atau eceng gondok *(Pontederiaceae eichhornia crassipes)*. Sedangkan pada kolam berikut dapat diadakan sayuran air seperti kangkung air *(Convolvulaceae ipomoea reptans)* atau kenci *(Cruciferae nasturtium officinale)*, dan pada kolam terakhir dapat dipelihara ikan.



Kolam dengan eceng gondok

12.4.3 Kolam renang

Kolam renang merupakan kebutuhan yang makin lama makin laku di daerah tropis. Akan tetapi, kotak air dengan tegel berwarna putih atau biru muda yang begitu buruk penampilannya dan membutuhkan racun pengklorinan, menimbulkan pertanyaan mengapa manusia tidak mempelajari lebih banyak dari alam sekitarnya. Kolam renang seharusnya berfungsi seperti kolam alam, sebagai perairan yang mengatur kualitas dan kejernihan secara alamiah. Hal ini dapat dicapai dengan suatu kombinasi antara kolam renang dan kolam alam yang menjamin kualitas airnya sebagai berikut.[127]

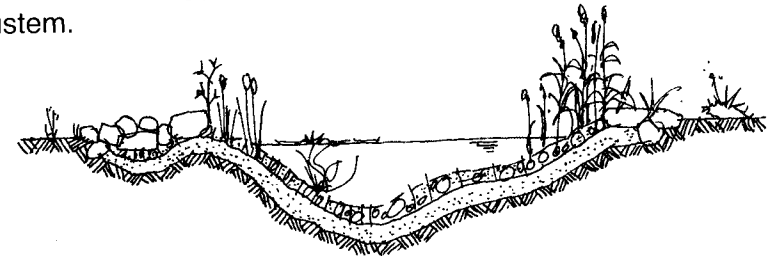


Kolam renang dengan kolam alam sebagai pengolahan airnya

[127] Bdk. Neuenschwander, Eduard. *Niemandsland*. Basel, 1988. hlm. 126-127

12.4.4 Konstruksi kolam

Kolam yang berfungsi sebagai ekosistem harus seluas minimal 20 m², dan dalamnya 80 cm (untuk menyimpan oksigen). Bagian tepi tidak dibuat curam sehingga terdapat tepi berawa-rawa untuk memperkaya ekosistem.



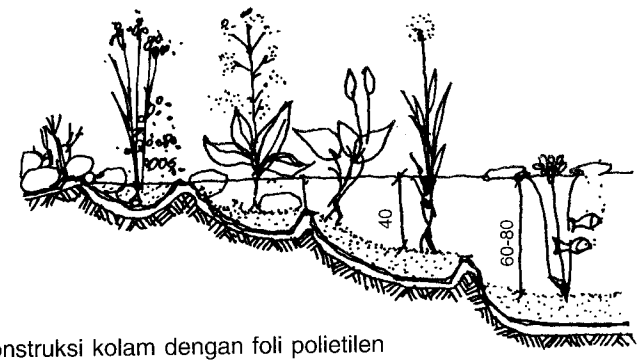
Potongan konstruksi kolam dengan tanah liat, aluminium silikat, atau bentonit

Konstruksi kolam dengan bahan alamiah di tempat bertanah liat biasanya berlapis tiga (dari bawah ke atas)

- lapisan tanah pekat *(clay)* seperti dipakai untuk membuat genting, aluminium silikat *(kaolin)*, atau bentonit, tanah pekat abu vulkanis *(montmorillonit)* setebal minimal 15 cm;
- lapisan pasir kali yang kasar ∅ 1-4 mm setebal 10 cm; dan
- lapisan kerikil kali yang kasar ∅ 30-70 mm setebal 10 cm.

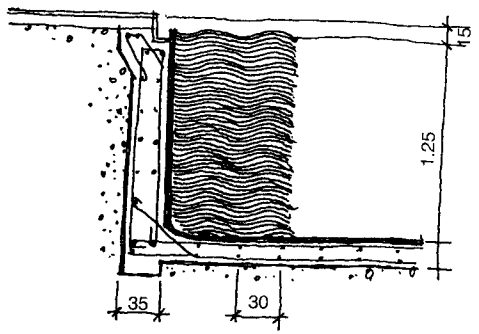
Konstruksi kolam di tempat bertanah tidak liat atau cadas di mana air merembes/menghilang terlalu cepat harus dibuat dengan foli polietilen yang kedap air. Konstruksi ini biasanya juga berlapis tiga

- lapisan kerikil kali yang halus ∅ 5-30 mm (guna menghindari tikus merusak foli polietilen) setebal ±15 cm;
- lapisan foli polietilen yang kedap air; dan
- lapisan kerikil kali yang kasar ∅ 30-70 mm (sebagai pemberat lapisan foli polietilen) setebal 10 cm.

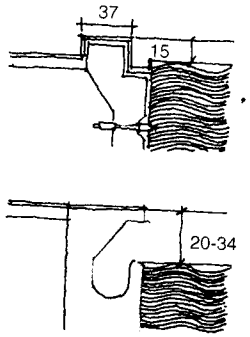


Potongan konstruksi kolam dengan foli polietilen

Konstruksi kolam renang biasanya dibuat dengan konstruksi beton bertulang yang kedap air. Ukuran minimal adalah 2.25×5.25 m (memungkinkan seseorang membuat 2 tendangan renang) dan ukuran ideal 4.25×8.25 m (4 tendangan renang), dengan kedalaman minimal 1.25 m. Supaya permukaan air selalu bersih dan perenang mendapat pegangan yang aman, sebaiknya dibuat talang meluap Wiesbaden sekeliling kolam renang.



Potongan konstruksi kolam renang beton bertulang



Talang Wiesbaden

Kalau sebagian kolam renang terkena air tanah, timbul bahaya bahwa kolam tersebut mengapungkannya pada waktu kolam dikuras untuk pembersihan. Untuk menghindari hal ini, saluran keluar *(outlet)* dilengkapi dengan katup untuk menyetarakan tekanan air tanah.

12.5 Pemagaran

12.5.1 Pengertian dan fungsi pagar

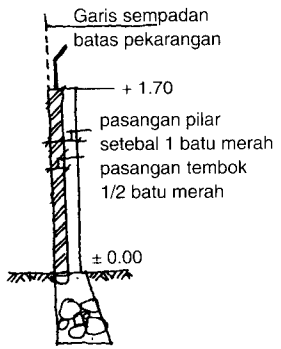
Pagar, berbentuk tembok, terali logam, papan kayu, anyaman bambu, kawat kasa, atau pagar hidup, membatasi/mengelilingi pekarangan tanah, rumah, kebun, dan sebagainya milik seseorang terhadap pekarangan milik orang atau institusi yang lain. Selain itu, pagar ikut menjaga keamanan dan sering juga berfungsi sebagai simbol kedudukan sosial.

Bangunan pagar halaman yang didirikan pada garis batas tanah pekarangan (garis sempadan pagar) harus terletak di atas tanah pekarangan milik sendiri, jadi tidak boleh ada bagian konstruksi yang menonjol dari tanah pekarangannya baik bagian konstruksi yang tertanam (fondasi), tembok (pilar tiruan), maupun bagian kepala (kawat berduri dsb.).

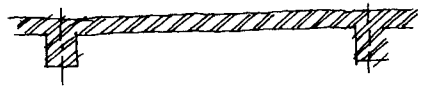
Pagar bagian depan bangunan gedung yang menghadap jalan raya tingginya tidak boleh lebih dari 1.25 m dan harus diberi lubang-lubang sehingga halaman dari bagian dalam pagar dapat dilihat dari jalan.[128] Pagar tembok bagian samping dan belakang bangunan gedung dapat mencapai tinggi tembok 1.70 m (pasangan tiang dengan kawat berduri tidak diperhitungkan).

12.5.2 Konstruksi pagar tembok

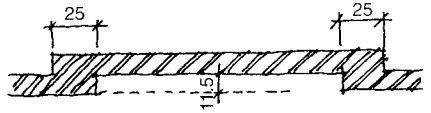
Fondasi tembok pagar yang didirikan pada garis sempadan pagar (garis batas tanah pekarangan) biasanya berdiri eksentris sehingga bidang luar tembok pagar menjadi bidang yang rata di sebelah luarnya.



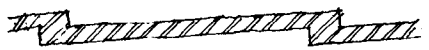
Potongan fondasi pagar tembok



Denah pagar tembok dengan pilar tiruan



Denah pagar tembok yang selang-seling



Denah pagar tembok berliku-liku sejajar

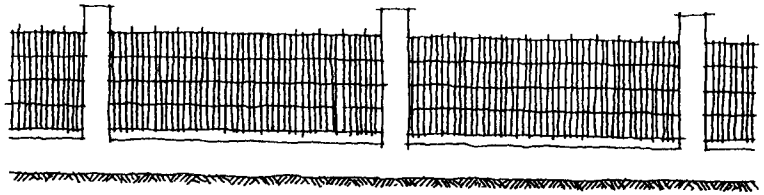
Pagar tembok selang-seling atau yang berliku-liku sejajar sebenarnya menguntungkan konstruksi karena fondasi tertekan simetris, tetapi sekaligus menciptakan ruang yang dapat menimbulkan keraguan dan salah paham terhadap garis sempadan yang sebenarnya.

Konstruksi pagar terali logam atau papan kayu

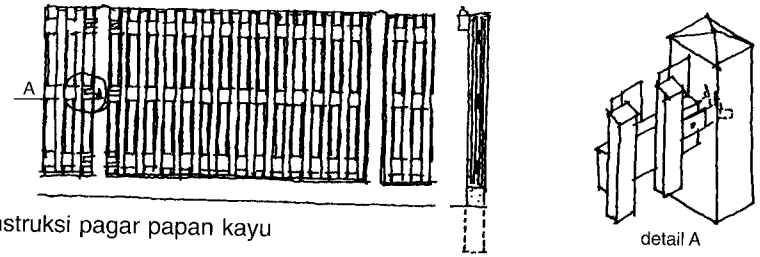
Konstruksi pagar terali logam atau papan kayu biasanya digunakan untuk pagar depan halaman yang tidak boleh tertutup rapat dengan pagar tembok saja. Akan tetapi, konstruksi pagar ini tetap menggunakan fondasi lajur dan tiang yang disusun dari batu. Pembukaan di an-

[128] Lubang-lubang pagar dimaksudkan agar bila ada penjahat yang bersembunyi di dalam pagar dapat segera dilihat dari jalan. Menurut: Suratman/Sudibyo, Pr. *Petunjuk praktek bangunan gedung.* vol.2. Jakarta: Departemen P dan K, 1982. halaman 82-87

tara tiang tersebut dapat diisi dengan terali logam atau papan kayu sebagai berikut:



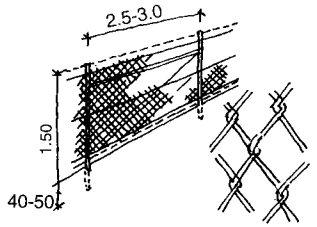
Konstruksi pagar terali logam atau jaringan baja tulangan



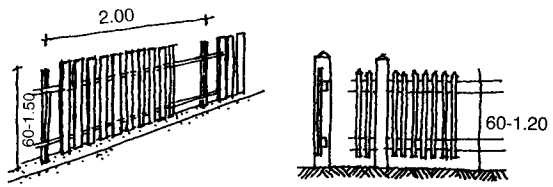
Konstruksi pagar papan kayu

12.5.3 Konstruksi pagar kawat kasa atau anyaman bambu

Konstruksi pagar kawat kasa yang berbelit, papan/bilah kayu atau anyaman bambu biasanya terdiri dari tiang (balok kayu, batang bambu, pipa baja, baja profil, atau beton bertulang) dan isinya yang diikat pada kawat yang direntangkan horizontal di antara tiang (atau pada papan kayu, bilah bambu, atau pipa besi). Tiang dapat ditanam pada tanah, pada fondasi setempat, maupun pada fondasi lajur.

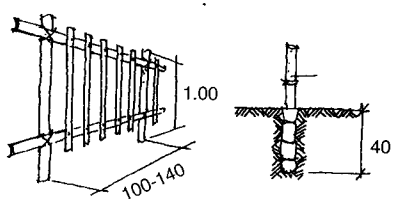


Pagar kawat kasa yang berbelit



Pagar dengan papan/bilah kayu

Pagar bambu anyaman sasak

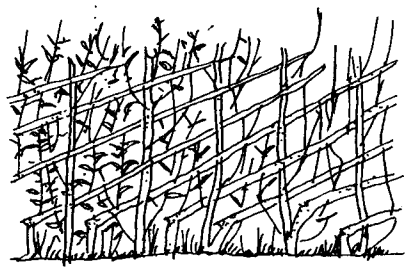


Pagar bilah bambu berkisi-kisi

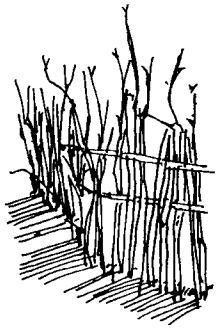
12.5.4 Pagar hidup dan jenis perdu yang cocok

Konstruksi pagar hidup dapat dibuat sebagai konstruksi pagar kawat kasa yang berbelit dan yang kemudian ditanami. Pagar hidup ini biasanya ditanami perdu yang berbunga dan berduri seperti misalnya: bugenvil *(Nyctaginaceae bougainvillea),* kembang merak *(Caesalpina pulcherima),* atau tanaman yang dapat dimakan seperti misalnya: kacang panjang, marisa, markisa, ketimun Jepang kecil, dan sebagainya.

Konstruksi pagar hidup yang lain ialah konstruksi pagar yang langsung dibentuk oleh perdu seperti petai atau lamtoro *(Leguminosae leucaena glauca)* dan sebagainya sebagai berikut:



Pagar hidup belah ketupat dari petai yang sebagian dipotong



Pagar hidup tegak lurus dengan bilah horizontal sebagai pengarah/pengikat

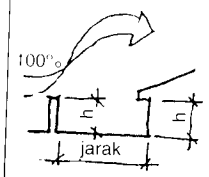
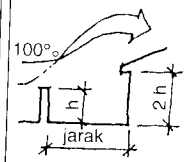
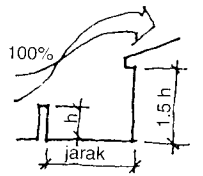
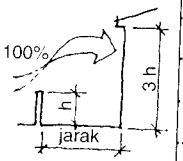
12.5.5 Pengaruh pagar terhadap gerak angin

Pagar tembok maupun konstruksi pagar yang lain mempengaruhi gerak angin yang dibutuhkan sebagai penyegaran udara dalam gedung. Pengudaraan dalam gedung berhubungan dengan pagar tergantung pada masalah-masalah berikut:

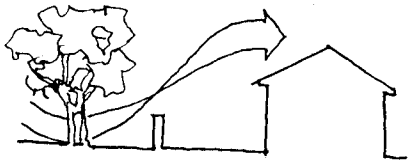
- tinggi konstruksi pagar;
- tinggi gedung; dan
- jarak antara pagar dan gedung.

Pada diagram berikut[129] ketergantungan timbal balik tersebut berdasarkan pada tinggi konstruksi pagar h (yang dianggap kedap udara), dan memberi gambaran tentang banyaknya angin (asal mula = 100%) yang dapat dimanfaatkan untuk penyegaran udara dalam gedung:

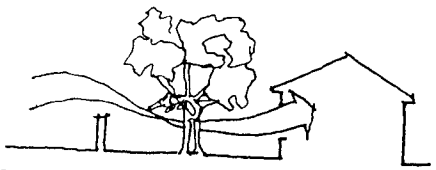
[129] Bdk.: Watson, Donald/Labs, Kenneth. *Climatic design.* New York: McGraw-Hill, n.d. halaman 86

Situasi	jarak pagar gedung	angin yang dapat di manfaatkan	Situasi	jarak pagar gedung	angin yang dapat di manfaatkan
	2 h	23%		2 h	51%
	4 h	36%		4 h	55%
	6 h	46%		6 h	59%
	8 h	54%		8 h	64%
	10 h	62%		10 h	70%
	2 h	38%		2 h	67%
	4 h	43%		4 h	68%
	6 h	51%		6 h	70%
	8 h	58%		8 h	73%
	10 h	66%		10 h	77%

Kemudian pohon peneduh dapat dimanfaatkan untuk memperkuat efek penyegaran udara dalam gedung atau menghindari angin masuk gedung tersebut sebagai berikut.



Pohon yang berdiri di luar pagar



Pohon yang berdiri di dalam halaman

12.6 Terjadinya dan pemisahan sampah

Sampai tahun 1970-an di Indonesia sampah belum menjadi persoalan, dan pengaruh atas lingkungan masih kecil karena ± 90% sampah merupakan bahan organik yang membusuk menjadi tanah kembali. Dengan perkembangan industri plastik (kemasan, kantong, botol, dan sebagainya) dan peningkatan daya beli masyarakat Indonesia (meluaskan pasar minuman dalam botol plastik atau kalengan aluminium, serta kemasan makanan cepat saji dari plastik). Hal ini mengakibatkan sampah organik menurun di bawah 70%, sedangkan sampah plastik sudah melebihi 10% volume sampah. Oleh karena sampah di Indonesia belum dipisahkan dari awal mula, maka kebutuhan TPA dan pencemaran lingkungan meningkat drastis.

Berhubungan dengan penambahan banyaknya sampah yang tidak organik perlu dipertimbangkan masalah yang terkait. Dengan menggu-

nakan sistem TPA[130] dibutuhkan lahan yang luas, di mana air tanah tidak dapat dicemari dan yang terletak dekat pada perkotaan. Tuntutan ini tidak dapat dicapai semuanya sekaligus. Karena itu, sampah seharusnya dipisahkan sehingga pada setiap TPA ditimbun satu jenis sampah saja. Kemungkinan lain adalah pembakaran sampah *(incineration)* yang sekaligus dapat menghasilkan uap dan gas panas yang dapat membangkitkan tenaga listrik dan menurunkan volume sampah padat sebesar 70%.[131] Walaupun demikian, tetap ada 30% sampah yang harus ditimbun pada TPA terdekat.

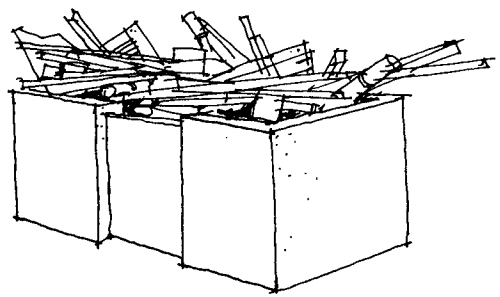
Persoalan sampah secara berkelanjutan dan pelestarian lingkungan hanya dapat diatasi dengan memberi perhatian kepada 4M tentang sampah sebagai berikut. Hal ini berarti menghemat bahan bangunan, membangun dengan minimalisasi pada sisa-sisa dan potongan yang dimanfaatkan kembali dan memisahkan sampah yang masih timbul.

- **M**enghindari terjadinya sampah
- **M**engurangi banyaknya sampah
- **M**enggunakan kembali sampah sebanyak mungkin
- **M**embuang sampah pada TPA terkontrol

12.6.1 Pengaturan sampah di tempat bangunan

Dalam rangka buku ini diperhatikan hanya persoalan sampah berhubungan dengan bangunan gedung.

Sampah dari sisa bahan bangunan dan konstruksi gedung



Sampah yang berasal dari kegiatan pembangunan dan pemugaran gedung biasa berupa bahan organik (dari kayu, bambu, tripleks, dll.) maupun bahan anorganik (semen, kapur, pasir, mortar, batu merah, ubin, besi, baja, kaca, kaleng, plastik, dll.).

[130] Bdk.: Frick, Heinz/FX Bambang Suskiyatno. *Dasar-dasar eko-arsitektur.* Yogyakarta: Kanisius, 1998. halaman 125
[131] Bdk.: *ibid.* halaman 126

Oleh karena konstruksi bangunan masa kini cenderung menggunakan bahan bangunan yang baru, yang berbentuk komposit dan yang bor beda masing-masing, maka sebaiknya sampah dari sisa bahan bangunan dan konstruksi gedung digolong-golongkan sebagai berikut:

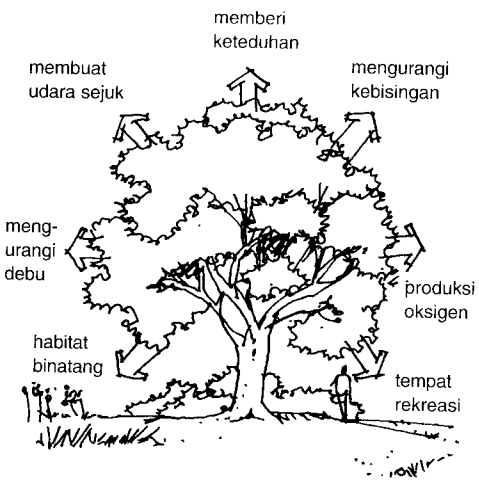
Galian tanah	Sampah bahan anorganik	Sampah bahan organik	Sampah yang membahayakan lingkungan
Menimbun pada tempat bangunan	Menimbun sebagai urugan tanah di bawah lantai	Menggunakan kembali *(recycling)*	ke TPA
Menimbun pada tempat yang lain	ke TPA	Membakar	

Pada setiap tempat bangunan, selain manajemen pembangunan seharusnya dilakukan juga manajemen sampah dengan tujuan menghindari terjadinya pencampuran sampah yang organik dan yang anorganik serta sampah yang membahayakan lingkungan alam (cat kimia, tinner, solar, oli, dan sebagainya).

Dalam pembangunan tidak boleh menimbun secara liar bahan apa pun yang membahayakan kesehatan penghuni!

12.7 Perencanaan penghijauan dan pertamanan

12.7.1 Penghijauan sebagai perbaikan iklim dan kualitas udara



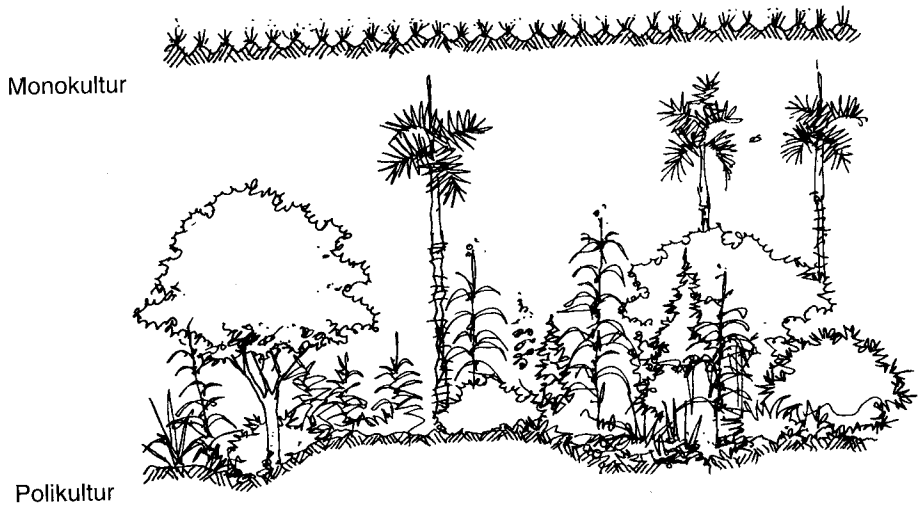
Penghijauan di lingkungan kota meningkatkan kualitas kehidupan dalam kota karena manusia dapat hidup erat dengan alam (melihat tumbuhan tanaman, burung dan binatang lain serta dapat mengerti fungsi ekosistem). Kota yang memiliki keteduhan dengan banyaknya pohon besar yang rindang dapat mengurangi lalu lintas bermotor (karena penduduk lebih bersedia berjalan kaki, serta kurang berkehendak untuk keluar kota atau ke tempat hiburan).[132]

Di samping hal-hal tersebut, penghijauan di lingkungan kota meningkatkan produksi oksigen yang mendukung kehidupan sehat bagi manusia, mengurangi pencemaran udara, serta meningkatkan kualitas iklim mikro. Air hujan yang turun diserap oleh tanah, dan kemudian menguap kembali. Dengan demikian, tanaman ikut dalam pengolahan air hujan dan melindungi lereng gunung terhadap tanah longsor.

Hasil tanam-tanaman sebagai peningkat kualitas lingkungan kota[133]

	1 pohon berumur ± 100 tahun	Tanam-tanaman seluas 1 hektar
Produksi oksigen	1.7 kg/jam	600 kg/hari
Penerimaan karbon dioksida	2.35 kg/jam	900 kg/hari
Zat arang yang terikat	6 ton	–
Penyaringan debu	–	sampai 85%
Penguapan air	500 liter/hari	–
Penurunan suhu	–	sampai 4 °C

Kekayaan ekosistem alam tidak dapat dilestarikan dengan satu jenis tanaman saja (monokultur), melainkan harus menjamin keanekaragaman rumput, semak belukar, perdu dan pohon (polikultur).[134]



[132] Digambar ulang menurut: Krusche, Per et al. *op.cit.* halaman 59
[133] Bdk.: Böhme, Gerhard et al. *Grün hilft sparen.* Bonn 1985. halaman 5
[134] Digambar ulang menurut: Lyle, John Tillman. *op.cit.* halaman 199, 202

12.7.2 Jenis-jenis penghijauan dan pertamanan

Tanam-tanaman pada prinsipnya dapat dibagi atas:[135]

Menurut jenis tanaman	Menurut penggunaan	Menurut fungsi
Semak belukar sebagai penutup tanah	Penghijauan privat (tanaman berguna)	Fungsi sosial sebagai ruang komunikasi
Perdu sebagai perhias-an dan perbaikan tanah	Penghijauan semi-privat (pohon di pinggir jalan)	Fungsi higiene mental (kreativitas, imajinasi)
Pohon peneduh dan pem-beri manfaat lain-lainnya	Penghijauan umum (taman kota)	Fungsi peristirahatan untuk melepas lelah.

Semak belukar sebagai penutup tanah adalah tumbuh-tumbuhan yang melindungi permukaan tanah dari terik matahari sehingga tidak terlalu cepat kering dan berdebu. **Perdu** adalah tumbuhan berkayu yang bercabang-cabang, tumbuh agak rendah dan tidak mempunyai batang yang tegak. Perdu tertentu dapat dimanfaatkan sebagai peng-hijauan rendah atau pagar hijau. **Pohon-pohon** dapat digolongkan menurut bentuk, daun, akar, buah-buahan, atau manfaatnya yang ber-beda-beda.[136]

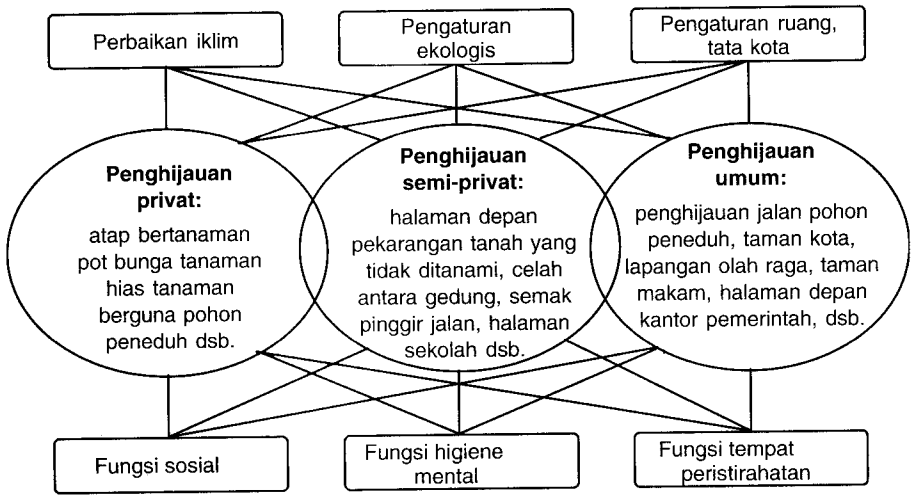
Daftar jenis tanaman dengan manfaatnya:

Nama tanaman	Nama bahasa latin	Manfaatnya
Semak belukar:		
Bermacam rumput	*festuca spp., poa*	penutup tanah
Putri malu	*mimosa*	tambah kesuburan
Lidah ayam	*portulaca*	atap bertanaman
Pacar tembok	*ficus pumila*	atap bertanaman
Sukulent (mengandung air)	*sedum, sempervivum*	atap bertanaman
Tanaman hias berbunga:		
Bugenvil	*bougainvillea*	pagar hidup, ungu
Kembang merak	*pulcherima*	pagar hidup, kuning
Kaca piring	*gardenia augusta*	bunga putih, harum
Kembang sepatu	*hibiscus syriacus*	bunga merah, putih
Jure	*nerium oleander*	bunga merah, jambu
Srigading	*nyctantes arbortristis*	bunga putih
Melati	*jasminum sambac*	bunga putih, harum
Kana	*canna hybrida*	bunga kuning, merah
Kembang kenikir	*tagetes erecta*	bunga pita kuning
Hortensia	*hidrangea hortensis*	bunga biru, ungu

[135] Bdk.: Frick, Heinz/FX Bambang Suskiyatno. *op. cit.* halaman 76-77
[136] Bdk.: Frick, Heinz/FX Bambang Suskiyatno. *op. cit.* halaman 77-82

Nama tanaman	Nama bahasa latin	Manfaatnya
Perdu:		
Petai atau lamtoro	*leuceana glauca*	mengikat tanah
Trembesi	*pipturus incanus*	mengikat tanah
Janti	*sesbania sesban*	mengikat tanah
Kembang jepun	*thevetia peruviana*	mengikat tanah
Kersen	*prunus cerasus*	mengikat tanah
Pohon-pohon:		
Flamboyan	*delonix regia*	peneduh
Ketapang	*terminalia catappa*	peneduh
Beringin	*ficus benyamina*	peneduh
Asem londo	*pithecellobium dulce*	peneduh
Mahoni	*swietenia mahogani*	peneduh, kayu
Mangga	*magnifera indica*	buah
Jambu biji	*eugenia*	buah
Nangka	*artocarpus integra*	buah
Waru	*hibiscus tiliaceus*	kayu api
Sengon	*albisia chinensis*	kayu api
Nimba	*azadirachta indica*	mengikat tanah
Palem:		
Kelapa	*cocos nucifera*	menghasilkan kopra
Aren	*arenga pinnata*	menghasilkan gula
Sagu	*metroxylon spec. div.*	menghasilkan sagu

Jenis-jenis penghijauan, arti dan penjaringannya:[137]



[137] Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung. *Stadtökologie und Stadtplanung.* vol. 10, 1982. dikutip oleh: Böhme, Gerhard et al. *op.cit.* Bonn 1985. halaman 20

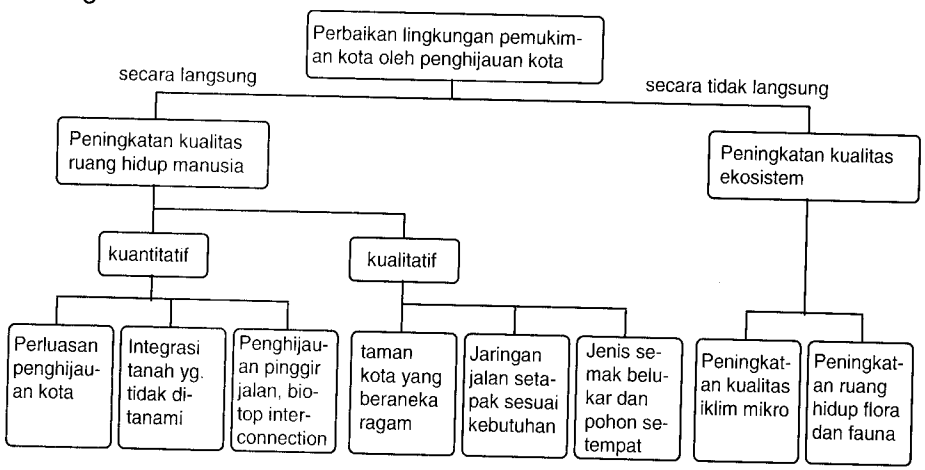
12.7.3. Penghijauan kota

Kualitas penghijauan kota tergantung pada kuantitas lahan terbuka yang ada. Kesulitan pada umumnya adalah kepadatan penduduk dan ketiadaan ruang terbuka. Berdasarkan kepadatan penduduk, kualitas penghijauan kota harus tinggi sehingga dapat dimanfaatkan sebaiknya

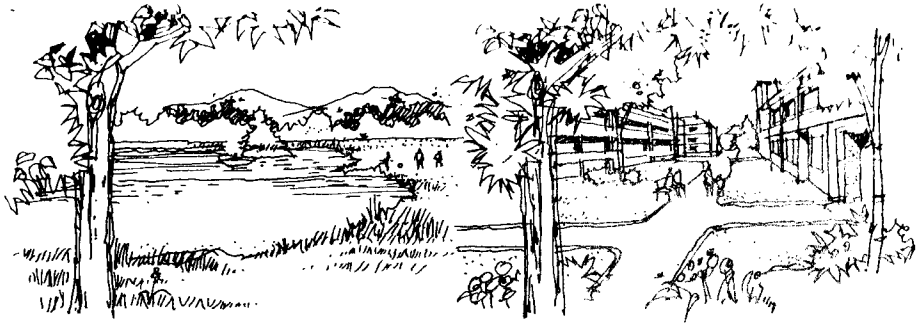
Setiap penduduk kota harus dapat mencapai taman kota atau bagian kota yang hijau dengan berjalan kaki (jarak < 300 m, kawasan RW) dan setiap penduduk warga setempat berhak untuk ikut dalam perencanaan dan pelaksanaan penghijauan kota. Dengan demikian, warga kota masing-masing mengerti tentang kepentingan penghijauan dan secara aktif ikut bertanggung jawab atasnya.

Berhubungan dengan ketentuan bahwa penghijauan kota harus cukup luas dan memiliki penghubung hijau di antaranya *(biotop interconnection)* dengan pinggir alami pada jalan-jalan atau tepi sungai, jelaslah penghijauan kota maupun taman kota tidak boleh terletak di pertengahan jalan mobil. Hal ini berarti bahwa pinggir jalan yang hijau dan berbunga dalam aneka warna, dengan perdu berduri (guna menghindari parkir liar), dan pohon peneduh (yang meningkatkan kualitas jalan setapak) menjamin *biotop interconnection* antara taman kota masing-masing. Tanaman pinggir jalan tidak perlu dirawat banyak dan pengairan dijamin oleh selokan air hujan.

Perbaikan lingkungan pemukiman dengan penghijauan dapat diatur sebagai berikut[138]



[138] Bdk.: Wagenfeld, Horst (ed.) *Stadtgrünplätze*. Wiesbaden: Baufachverlag, 1985. halaman 14



Penghijauan kota sebagai tepi sungai, danau, daerah rawa-rawa dan sebagainya[139]

Penghijauan kota sebagai *biotop interconnection* (juga sebagai tepi/bahu jalan)

Penghijauan kota semi privat di depan kediaman penduduk

Lapangan olahraga dan sebagainya juga merupakan penghijauan kota jika lapangan beton dilengkapi dengan pohon peneduh dan perdu

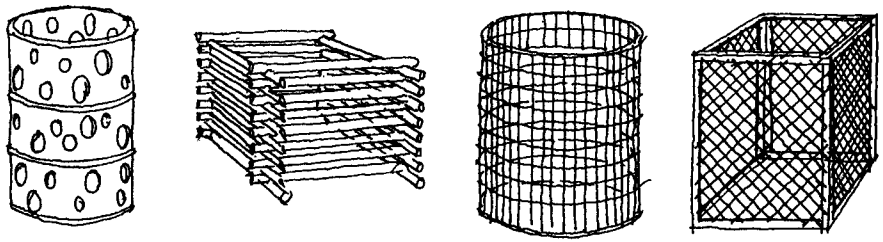
Penghijauan kota sebenarnya bukan merupakan alam, melainkan dapat dianggap sebagai *second-hand nature*. Taman selalu mencerminkan sikap mental dari zamannya. Kalau dapat dibangun taman puing-puing, taman tersebut mencerminkan perubahan sikap mental yang baru terhadap alam. Dengan begitu tentu saja terjadilah tabrakan antara pengertian tukang kebun lama dan tukang kebun baru di dalam hati manusia Jawa. Kalau dahulu dianggap bahwa alam harus dijinakkan (kalau perdu dan pohon tidak dipotong, maka dianggap liar dan menakutkan), dan alam harus dibantu secara kimia (pupuk kimia, insektisida, fungisida dalam skala besar), maka untuk masa depan harus (dan semoga) alam liar tersebut tetap menakutkan manusia sedikit sehingga ia menghormatinya.

[139] Digambar ulang menurut: Wagenfeld, Horst (ed). *op.cit.* halaman14-15

12.7.4 Kesuburan tanah (kompos dan pupuk)

Kesinambungan pada penumbuhan bahan makanan tergantung pada kesuburan tanah. Pemeliharaan kualitas tanah yang subur adalah tuntutan utama pada setiap kegiatan yang mempengaruhi permukaan bumi yang subur.

Supaya dapat diatasi kesuburan tanah tersebut, sebaiknya dilaksanakan pemupukan secara alamiah dengan menggunakan kompos dan pukuk dari septic tank Vietnam (lihat halaman 111). Tempat kompos di kebun dapat dibuat sebagai berikut.[140]



Berbagai jenis tempat penimbun kompos untuk kebun

Sebagai kompos dapat ditimbun bahan organik saja yang akan berfermentasi secara terkontrol dan tanpa menimbulkan bau yang tidak enak. Sampah organik antara lain berupa daun-daunan, potongan pagar hidup, tangkai perdu dan pohon (dipotong-potong 5-10 cm panjangnya), rerumputan, sampah dapur (buah-buahan dan sayur-sayuran), kotoran hewan dan binatang piaraan, bulu-bulu, kulit telur, abu dan arang (sisa pembakaran kayu dan kertas), dan sebagainya.

Sesudah tempat penimbun kompos penuh, maka dipindahkan tempatnya dan kompos dibiarkan berfermentasi, kemudian dimanfaatkan sebagai pupuk alamiah.

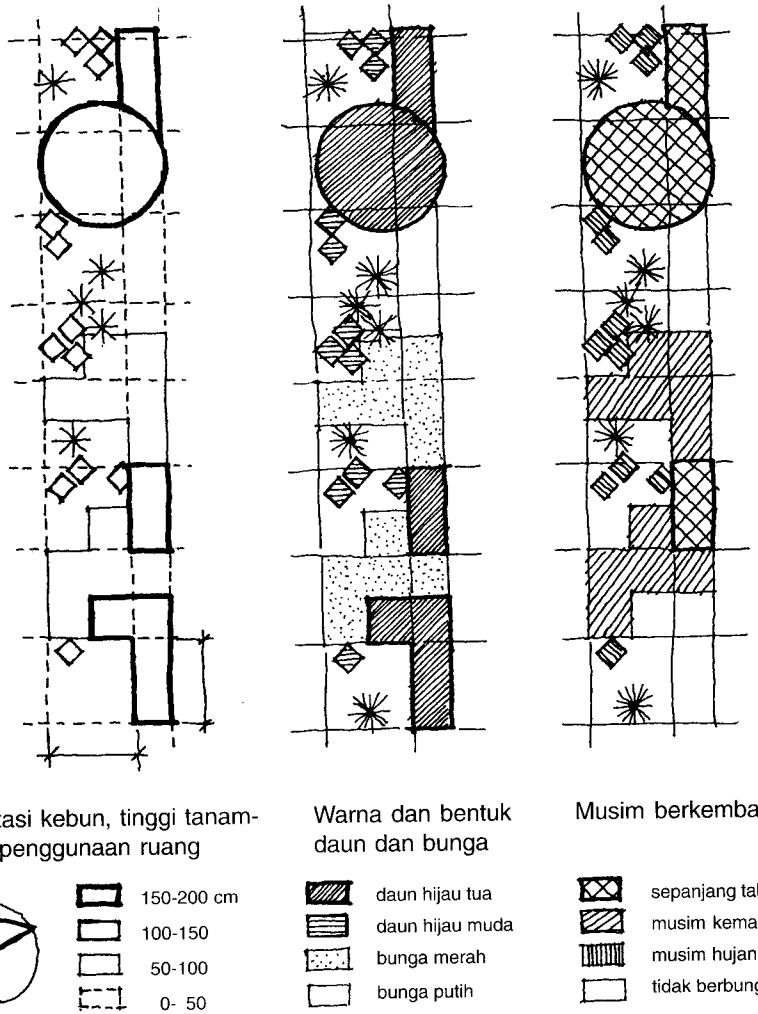
12.7.5 Perencanaan kebun berguna dan taman hias

Menumbuhkan sayur-mayur dan buah-buahan di kebun sendiri makin lama makin menarik di wilayah perkotaan *(urban agriculture)* juga, walaupun luasnya sangat terbatas (mungkin beberapa pot bunga saja).

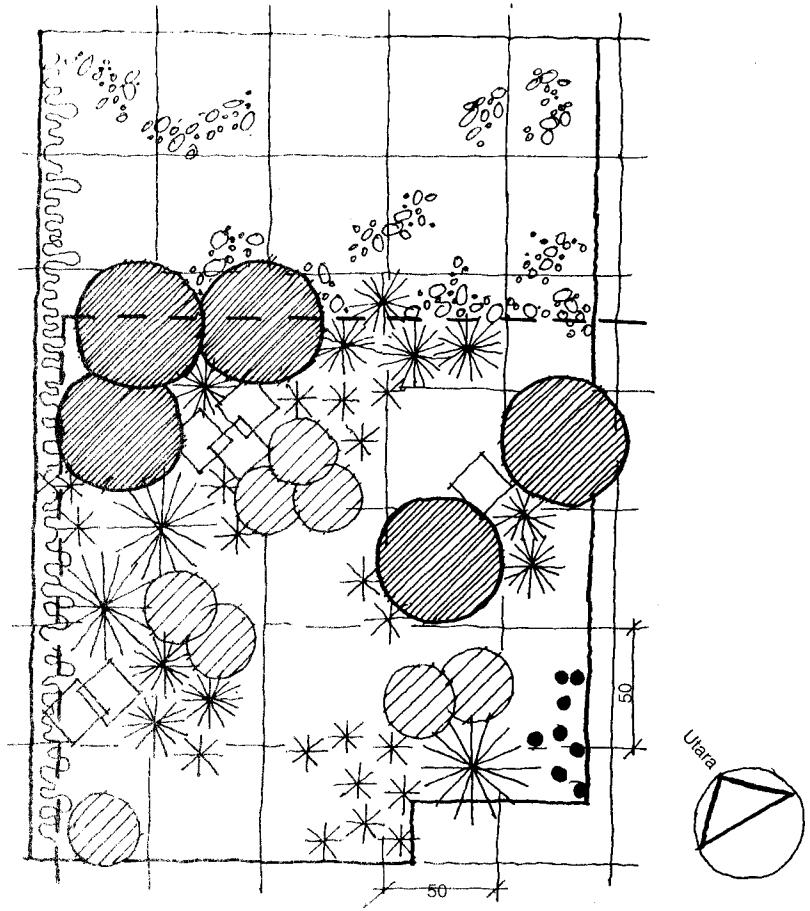
Sama halnya dengan menumbuhkan bunga-bunga sebagai perhiasan yang menggembirakan hati si pemilik.

[140] Digambar ulang menurut: Stifter, Roland. *Dachgärten.* Stuttgart: Ulmer, 1988. halaman 143

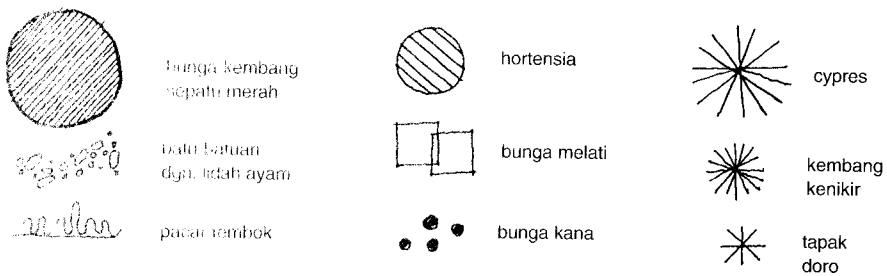
Perencanaan taman akan dilakukan berdasarkan pertimbangan mengenai kebutuhan matahari atau naungan tanaman berhubungan dengan orientasi kebun, tinggi masing-masing tanaman, dan kebutuhan ruang, warna dan bentuk daun dan bunga, serta musim berkembang.



Berdasarkan pertimbangan tersebut di atas, baru dapat digambar denah kebun dengan tanaman yang dipilih. Untuk itu sebaiknya ditentukan simbol-simbol yang berbeda bagi masing-masing tumbuhan. Tukang kebun dapat menggunakan denah tanaman itu untuk menanam pohon, perdu, dan bunga. Biasanya gambar kebun tersebut dilengkapi daftar tanaman dengan jenis dan banyaknya.



Contoh denah kebun sebagai gambar tanaman[141]

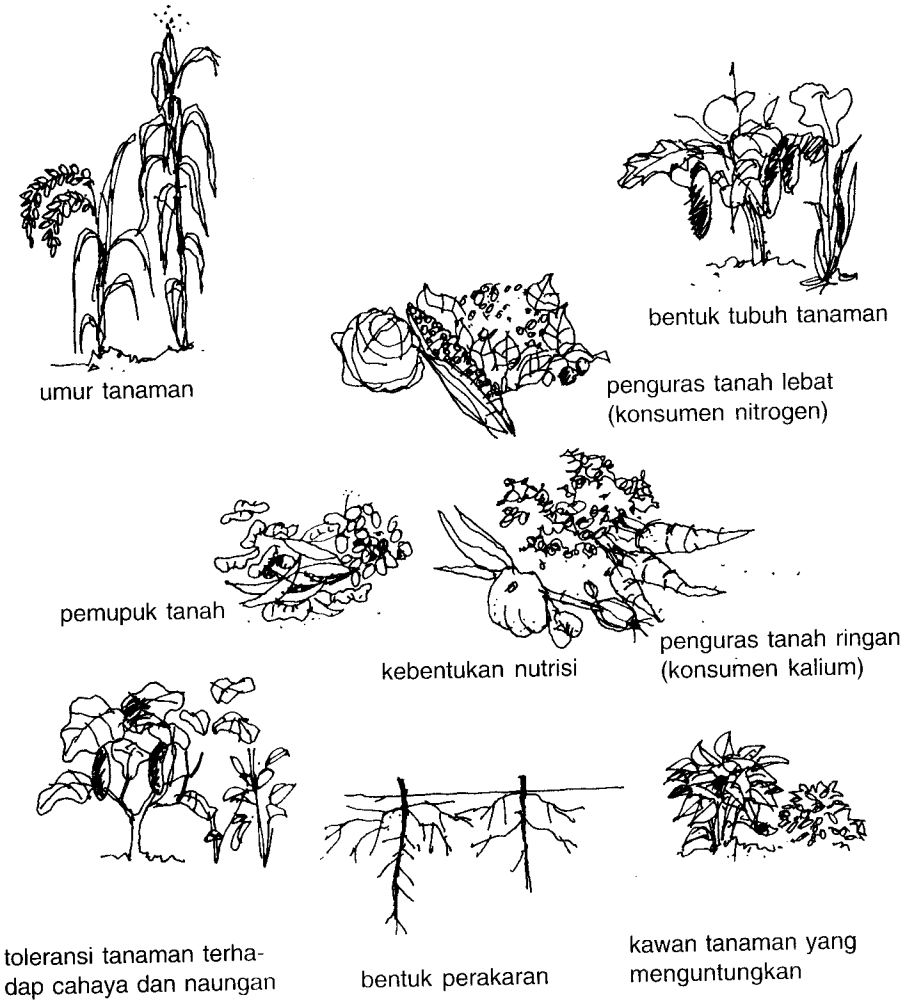


Simbol-simbol tanaman

[141] Gambar pertimbangan tanaman dan denah kebun digambar ulang menurut: Keller, Herbert. *Darstellung in der Freiraumplanung.* Berlin: Parey, 1985. halaman 177-178

Perencanaan kebun berguna[142] berdasarkan campuran dua atau lebih tanaman pada satu lahan (polikultur). Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam perencanaan penanaman tanaman campuranadalah:

- umur tanaman dan bentuk tubuh tanaman;
- toleransi tanaman terhadap cahaya dan naungan;
- kebutuhan nutrisi; serta
- bentuk perakaran dan kawan tanaman yang menguntungkan.



[142] disarikan dari: Prayogo, Joko/Suyono, Toni/Berney, Michael. *Apa itu pertanian organik?* Buku panduan. Cianjur: PPPGP, 1999. halaman 30-32

Umur tanaman yang berbeda memungkinkan jumlah populasi tanaman dapat ditingkatkan dibandingkan dengan tanaman seumur.

Bentuk tubuh tanaman yang tumbuh tinggi dengan tanaman yang tumbuh rendah saling memberikan keuntungan bagi masing-masing tanaman. Tanaman yang tinggi seperti jagung dapat menjadi tempat panjatan bagi tanaman menjalar, sedangkan tanaman yang tumbuh rendah seperti kol dapat beraksi sebagai mulsa hidup, mencegah rumput pengganggu, serta menjaga kelembapan tanah.

Toleransi tanaman terhadap cahaya dan naungan dapat ditingkatkan dengan mencampur tanaman yang tumbuh baik di bawah naungan dengan tanaman yang mencari cahaya dan tumbuh lebih tinggi. Contoh campuran tanaman-tanaman tersebut antara lain:

- buncis dengan seledri, selada atau bayam;
- bawang merah dengan wortel dan selada;
- bunga matahari dengan timun;
- tomat atau jagung dengan selada; atau
- kol dengan seledri, selada atau bayam.

Berdasarkan **kebutuhan nutrisi**, tanaman-tanaman dapat digolongkan atas penguras tanah (konsumen nitrogen dan konsumen kalium) serta pemupuk tanah sebagai berikut:

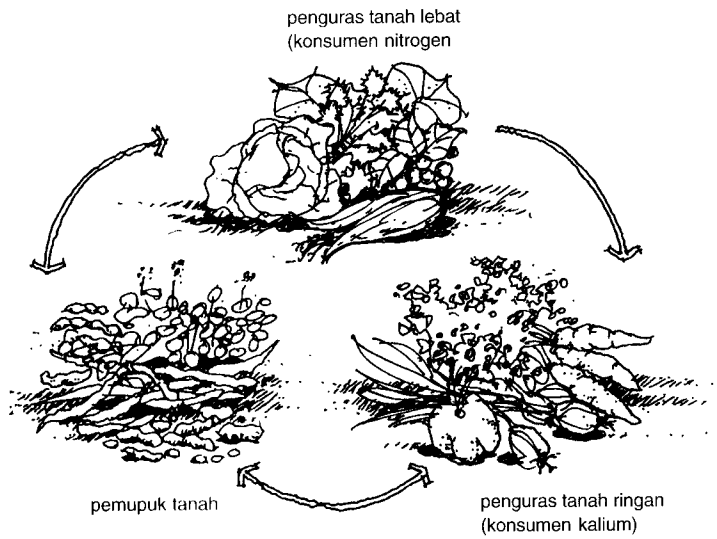
- konsumen nitrogen merupakan tanaman pengguna nitrogen paling tinggi seperti sayuran daun dan tanaman lain yang mempunyai daun berdiameter luas (mis. kol, jagung, selada, labu, dsb.);
- konsumen kalium merupakan tanaman penghasil umbi seperti wortel, lobak, dan sebagainya yang membutuhkan kalium lebih banyak daripada nitrogen;
- pemupuk tanah merupakan tanaman yang dapat memfiksasi nitrogen dari udara (mis. buncis, kacang polong, kacang tanah, dsb.).

Bentuk perakaran dan kawan tanaman yang menguntungkan. Dua sistem perakaran tanaman, akar tunjang dan akar serabut mempengaruhi pertumbuhan tanaman yang tercampur, sehingga pengaturan satu tanaman dengan lainnya menguntungkan efisiensi penggunaan lahan, seperti misalnya:

- buncis dengan seledri, timun, bawang merah, lobak, dan selada;
- bawang merah dengan kol, wortel, terong, lada, dan lobak;
- jagung dengan selada atau kentang dan sebagainya.

Dapat dipilih kawan tanaman yang menguntungkan satu jenis tanaman berdampingan dengan jenis tanaman lainnya yang saling melengkapi dari segi tuntutan fisik dan kimia. Beberapa jenis tanaman yang tumbuh berdampingan dengan jenis tanaman lain akan lebih sehat dibandingkan bila mereka tumbuh sendiri.

Pergiliran (rotasi) **tanaman**[143] dapat meningkatkan keseimbangan alam dan mengurangi kemungkinan terjadinya akumulasi dan pengurasan bahan/hara tertentu di dalam tanah. Tujuan pergiliran tanaman adalah memutuskan kesinambungan tersedianya makanan bagi hama (juga penyebab penyakit) pada suatu tempat, yaitu dengan cara tidak menanam suatu jenis tanaman yang sama atau tidak menanam tanaman yang mempunyai jenis penyakit yang sama dari satu musim ke musim lainnya. Pergiliran atau rotasi tanaman yang baik adalah bila jenis tanaman yang ditanam pada suatu musim berbeda dengan jenis tanaman pada musim berikutnya dan yang bukan merupakan inang hama yang menyerang tanaman sebelumnya. Dengan pemutusan ketersediaan inang pada musim penanaman berikutnya, populasi hama akan dapat ditekan.



Rotasi tanaman

[143] Tahir, S.M./Madmadi. *Tumpang gilir (multiple cropping)*. Jakarta: Jasaguna, 1974. halaman 19-42; dikutip oleh: Prayogo, Joko/Suyono, Toni/Berney, Michael. *op.cit.* halaman 32-33

Lampiran

1. Daftar isi ilmu konstruksi struktur bangunan

Cara membangun kerangka gedung
(Ilmu konstruksi bangunan jilid 1: seri konstruksi arsitektur 4)

Isi buku:

1. Pekerjaan pendahuluan

1.1 Orang-orang yang terkait dengan bangunan
Peserta pada pembangunan, hubungan kerja antara ahli dan pemberi tugas, etika dan tanggung jawab pada konstruksi bangunan, pembangunan dan kesehatan.

1.2 Tahapan pekerjaan awal
Kapling tanah, pengukuran lahan sebagai dasar perencanaan, pra-rencana dan rencana, penyelidikan tanah dan perhitungan struktur, penelitian tanah secara geo-biologis, rencana kerja dan syarat-syarat, gambar kerja, perhitungan rencana anggaran dan biaya, izin bangunan, dokumen lelang

1.3 Tahapan pekerjaan lapangan
Persiapan lahan bangunan, pengukuran kembali lahan, penentuan titik duga, pemasangan boplang, instalasi dalam lahan bangunan

2. Pekerjaan tanah

2.1 Penggalian dan pengurukan tanah
Penggalian lapisan tanah humus, pemotongan tanah dan penggalian lubang bangunan, pengurukan tanah, pemadatan tanah, penggalian fondasi

2.2 Dinding pengaman dan penahan galian tanah
Pencegahan longsoran tanah galian, membuat dinding pengaman dalam tanah galian, drainase tempat bangunan

3. Struktur di bawah permukaan tanah (fondasi)

3.1 Pengertian dan fungsi fondasi
Kekuatan tanah sebagai dasar fondasi, penentuan ukuran minimal fondasi, penyaluran beban terhadap fondasi, hubungan antara fondasi dan pipa saluran air kotor, pengaruh fondasi terhadap bangunan sekitarnya, bahan fondasi, penentuan konstruksi fondasi yang baik, tugas 1

3.2 Fondasi dangkal
Fondasi setempat, fondasi lajur, fondasi pelat beton bertulang, fondasi sumuran, fondasi cakar ayam

3.3 Fondasi dalam
Fondasi tiang pancang, fondasi tiang beton cor di tempat, fondasi tiang bor, rakitan pada fondasi tiang

3.5 Balok pemerata beban dan lapisan kedap air
Fungsi dan konstruksi sloof, trasraam sebagai lapisan kedap air yang horizontal, pencegahan terhadap rayap

4. Struktur di atas permukaan tanah (dinding dan kolom)

4.1 Pengertian dan fungsi dinding
Pengaruh luar terhadap dinding, struktur bangunan dan konstruksi dinding, bahan bangunan dinding dan pelapis dinding, penentuan konstruksi dinding yang baik, tugas 2

4.2 Konstruksi dinding masif (yang menerima beban)
Pengertian dan fungsi dinding masif, konstruksi dinding batu alam, konstruksi dinding dari batu bata, konstruksi dinding batako dan conblock, konstruksi dinding dan kolom beton, konstruksi dinding tanah liat, pelapis dinding masif

4.3 Konstruksi dinding kerangka dan kolom
Pengertian dan fungsi dinding kerangka, konstruksi bangunan rangka kayu, konstruksi dinding rangka bambu, konstruksi dinding rangka baja, konstruksi dinding rangka beton bertulang

4.4 Konstruksi dinding dalam, pemisah ruang
Pengertian dan fungsi dinding pemisah ruang (yang tidak menerima beban), konstruksi dinding batu bata, konstruksi dinding batako/ conblock, konstruksi dinding kayu dan bambu

4.5 Konstruksi dinding tirai *(curtain wall)*
Pengertian dan fungsi konstruksi dinding tirai, sistem konstruksi dinding tirai

4.6 Konstruksi pelubangan dinding
Pengertian dan fungsi pelubangan dinding, konstruksi lubang dinding dengan batu alam, konstruksi lubang dinding dengan batu bata

4.7 Konstruksi pertemuan komponen dinding dengan bangunan
Pengertian fungsi dan konstruksi siar, pengertian dan konstruksi dilatasi konstruksi siar dan dilatasi

5. Konstruksi lantai dan pelat lantai

5.1 Pengertian, fungsi, dan konstruksi lantai dan pelat lantai
Pengaruh luar terhadap lantai dan pelat lantai, pembentukan ruang dan bahan bangunan pelat lantai, penentuan konstruksi lantai dan pelat lantai yang baik, tugas 3

5.2 Konstruksi lantai dan penutup lantai
Lantai plesteran dan lantai beton, penutup lantai

5.3 Konstruksi pelat lantai
Konstruksi pelat lantai berkubah torak, konstruksi pelat lantai dengan balok kayu, konstruksi pelat lantai beton dengan balok T, konstruksi pelat lan-tai beton datar, konstruksi pelat lantai komposit

6. Konstruksi atap

6.1 Pengertian, fungsi, dan komponen konstruksi atap
Pengaruh luar terhadap atap, faktor penentu kemiringan dan bentuk atap, bahan konstruksi atap, penentuan konstruksi atap yang baik, tugas 4

6.2 Konstruksi kuda-kuda dari kayu
Konstruksi atap panggung dan kuda-kuda tradisional, konstruksi atap kasau, konstruksi kuda-kuda gantung, konstruksi kuda-kuda dengan tiang, konstruksi kayu rangka batang, alat-alat sambungan kayu

6.3 Konstruksi kuda-kuda dari bambu

6.4 Konstruksi kuda-kuda dari baja

6.5 Konstruksi kuda-kuda dari beton bertulang

6.6 Konstruksi langit-langit
Pengertian, fungsi, dan konstruksi langit-langit, konstruksi rangka dasar langit-langit, konstruksi rangka penggantung, bahan penutup langit-langit

Lampiran

1. Daftar isi ilmu konstruksi perlengkapan dan utilitas bangunan
Cara perlengkapan gedung
(ilmu konstruksi bangunan jilid 2, seri konstruksi arsitektur 5)
2. Tabel penghitungan dalam satuan sistem internasional
3. Daftar pustaka
4. Daftar kata-kata
Glosarium, indeks (daftar istilah penting)

2. Tabel penghitungan dalam satuan sistem internasional

Kuantitas dasar dan satuan dasar pada ukuran sistem internasional

Dasar kuantitas		Dasar satuan	
nama	simbol (*huruf italic*)	nama	simbol (huruf tegak)
panjang	l	meter	m
bidang, penampang	A	meter persegi	m^2
massa (bobot)	m	kilogram	kg
waktu	t	detik	s
gaya (gravitasi)	K	newton	N ($kg\,m/s^2$)
tenaga	P	watt	W
arus listrik	I	ampere	A
tegangan listrik	U	volt	V
usaha (energi)	W	joule	J
suhu	T	kelvin (celsius)	K (°C)
intensitas cahaya	I_v	candela	cd

Satuan gaya (juga gaya gravitasi)

	N	kN	MN	(kgf)	(dyn)
1 N =	1	10^{-3}	10^{-6}	0.102	10
1 kN =	10^3	1	10^{-3}	0.102×10^3	10^8
1MN =	10^4	10^3	1	0.102×10^6	10^{11}

Satuan tekanan

	Pa	N/mm^2	bar	(kgf/cm^2)	(torr)
1 Pa = 1 N/m^2 =	1	10^{-6}	10^{-5}	1.02×10^{-5}	0.0075
1 N/mm^2 =	10^6	1	10	10.2	7.5×10^3
1 bar =	10^5	0.1	1	1.02	750
{1 kgf/cm^2 = 1 at} =	98.100	9.81×10^{-2}	0.981	1	736
{1 torr} =	133	0.133×10^{-3}	1.33×10^{-3}	1.36×10^{-3}	1

Satuan usaha

		J	kWh	{kgf m}	{kcal}	{hp h}
1 J	=	1	$0.278.10^{-6}$	0.102	$0.239x10^{-3}$	$0.378x10^{-6}$
1 kWh	=	$3.60x10^{6}$	1	$367x10^{3}$	860	1.36
{1 kgf m}	=	9.81	$2.72x10^{-6}$	1	$2.345x10^{-3}$	$3.70x10^{-6}$
{1 kcal}	=	4186.8	$1.16x10^{-3}$	426.9	1	$1.58x10^{-3}$
{ 1 hp h}	=	$2.65x10^{4}$	0.736	$0.27x10^{6}$	632	1

Satuan tenaga

		W	kW	{kgf m/s}	{kcal/h}	{hp}
1 W	=	1	10^{-3}	0.102	0.860	$1.36x10^{-3}$
1 kW	=	1000	1	102	860	1.36
{1 kgf m/s}	=	9.81	$9.81x10^{-3}$	1	8.43	$13.3x10^{-3}$
{1 kcal/h}	=	1.16	$1.16x10^{-3}$	0.119	1	$1.58x10^{-3}$
{ 1 hp}	=	736	0.736	75	632	1

Penghitungan dalam persen (%) ke derajat (°) untuk kelandaian

0%	0°	11%	6.3°	22%	12.4°	34%	18.8°
1%	0.6°	12%	6.8°	23%	13.0°	35%	19.3°
2%	1.1°	13%	7.4°	24%	13.5°	36%	19.8°
3%	1.7°	14%	8.0°	25%	14.0°	37%	20.3°
4%	2.3°	15%	8.5°	26%	14.6°	38%	20.8°
5%	2.9°	16%	9.1°	27%	15.1°	39%	21.3°
6%	3.4°	17%	9.6°	28%	15.6°	40%	21.8°
7%	4.0°	18%	10.2°	29%	16.2°	41%	22.3°
8%	4.6°	19%	10.8°	30%	16.7°	42%	22.8°
9%	5.1°	20%	11.3°	31%	17.2°	43%	23.3°
10%	5.7°	21%	11.9°	32%	17.7°	44%	23.5°
				33%	18.3°	45%	24.2°

3. Daftar pustaka

Anwir, B.S. (trans.) *Teknik sekitar kita.* (judul asli: Wie funktioniert das?) 2 jilid. Jakarta: Gramedia, 1977. 145; 223 halaman

Bareiss/Brestrich. *Wohnungsbau in Selbsthilfe auf Kalimantan/Indonesien.* Penelitian tak diperjual-belikan. Stuttgart: TU, 1978. 189 hlm.

Brennecke, W. *Dachtragwerke - Optimierte Konstruktionen für geneigte Dächer.* Karlsruhe 1977.

Beets, P. et al. *Ilmu bangunan* (judul asli: Bouwkunde). 3 jilid. Jakarta: Erlangga, 1987; 1987; 1999. 433; 240; 228 halaman

Beusch, Andreas et al. *Pembangunan jalan biaya murah di Indonesia.* vol. 1. Bern: Intercooperation, 1997. 48 halaman

Böhme, Gerhard et al. *Mehr Pflanzen im Siedlungsraum.* Zürich: Verband Schweizerischer Gärtnermeister, 1986. 33 halaman

Ching, Francis D.K. *A visual dictionary of architecture.* New York: Van Nostrand Reinhold, 1995. 319 halaman

Clarke Urban Systems (ed.) *Kampung Improvement Programs.* Final report. Semarang: PUTL, 1978. 188 halaman

Cofaigh, Eoin O. et al. *The climatic dwelling.* London: James & James, 1996. 172 hlm.

Cook, Jeffrey. *Seeking Structure from Nature.* Basel: Birkhäuser, 1996. 192 hlm.

Cuypers, J.C.M. et al. *Ilmu bangunan 3.* edisi ke-3. Jakarta: Erlangga, 1999. 228 halaman

Cziesielski, Erich (ed.) *Lehrbuch der Hochbaukonstruktionen.* Stuttgart: B.G. Teubner, 1990. 627 halaman

Dancy, H.K. *A manual of building construction.* edisi ke-3. London: Intermediate technology, 1978. 362 halaman

Daniels, Klaus. *The technology of ecological building.* Basel: Birkhäuser, 1997. 302 halaman

Day, Christopher. *Places of the Soul.* Wellingborought: Aquarian Press, 1990. 189 halaman

Departemen PU. *Panduan pengujian bakar bahan bangunan untuk pencegahan bahaya kebakaran pada rumah dan gedung.* Jakarta 1987

Departemen PU. *Peraturan perencanaan tahan gempa Indonesia.* Bandung 1983

Departemen PU. *Pedoman perencanaan penangkal petir.* Jakarta: Yayasan Badan Penerbit PU, 1987. 62 halaman

Dietrich, K. et al. *Strassenprojektierung.* diktat kuliah. Zürich: ETH, 1995.

Domenig, Gaudenz. *Tektonik im primitiven Dachbau.* Ausstellungskatalog Göttersitz und Menschenhaus. Zürich: ETH, 1980. 197 halaman

Döring, Wolfgang. *Konstruktion und Form.* Stuttgart: Kohlhammer, 1995. 143 hlm.

Dournow, Roland. *Ausführungsrichtlinien für Flachdachabdichtungen.* Bern: VERAS, 1989. 216 halaman

Dunkelberg, Klaus. *Bamboo as a building material.* Diss. TU München 1978. di dalam: Gass, Siegfried et al. (ed.) *Bambus – Bamboo.* Stuttgart: Institut für leichte Flächentragwerke, 1985. hlm. 42-263

Ebinghaus, Hugo. *Die Baustellenpraxis.* edisi ke-3. Giessen: Pfanneberg, 1967. 1186 halaman

Engel, Heino. *Measure and Construction of the Japanese house.* edisi ke-4. Vermont, Tokyo: Charles E. Tuttle, 1987. 149 halaman

Frick, Heinz. *Ilmu konstruksi bangunan kayu.* edisi ke-12. Yogyakarta: Kanisius, 1996. 292 halaman

Frick, Heinz. *Konstruktionslehre für Zimmerleute.* Richterswil: Frischknecht, 1994. 172 halaman

Frick, Heinz. *Baukonstruktionslehre.* diktat-kuliah Vaduz: LIS, 1990. 490 halaman

Frick, Heinz. *Peralatan pembangunan.* edisi ke-2. Yogyakarta: Kanisius, 1996. 190 halaman

Frick, Heinz. *Ilmu dan alat ukur tanah.* edisi ke-4. Yogyakarta: Kanisius, 1985. 186 halaman

Frick, Heinz. *Pola struktural dan teknik bangunan di Indonesia.* Yogyakarta: Kanisius, 1997. 260 halaman

Frick, Heinz. *Rumah sederhana.* Kebijaksanaan perencanaan dan konstruksi. Yogyakarta: Kanisius, 1984. 190 halaman

Frick, Heinz/Ch. Koesmartadi. *Ilmu bahan bangunan.* Yogyakarta: Kanisius, 1999. 200 halaman

Frick, Heinz/FX. Bambang Suskiatno. *Dasar-dasar eko-arsitektur.* Yogyakarta: Kanisius 1998. 179 halaman

Frick, Heinz/LMF. Purwanto. *Sistem bentuk struktur bangunan.* Yogyakarta: Kanisius, 1998. 160 halaman

Frick, Heinz/Pujo. L Setiawan. *Ilmu konstruksi struktur bangunan.* Yogyakarta: Kanisius, 2001. 262 halaman

Frick/Knöll/Neumann. *Baukonstruktionslehre 1+2.* edisi ke-26; edisi ke-25. Stuttgart: Teubner, 1975. 286; 330 halaman

Fullerton, R.L. *Building construction in warm climates.* vol 1-3. edisi ke-2. Oxford: University Press, 1983. 186; 220; 269 halaman

Gass, Siegfried et al. (ed.) *Bambus – Bamboo. IL 31.* Stuttgart: Institut für leichte Flächentragwerke der Universität, 1985. 432 halaman

GATE. *Techniques for low cost – self help housing.* Eschborn 1980. 152 halaman

Götz, Karl-Heinz et al. *Holzbau-Atlas.* München: IIAD, 1978. 283 halaman

Grützmacher, Bernd. *Grasdach.* München: Callwey, 1984. 116 halaman

Guillaud, Hubert et al. *Compressed earth blocks – Manual of design and construction.* Eschborn: GATE, 1995. 148 halaman

Gunawan, Rudy/Haryanto, F.X. *Pedoman perencanaan rumah-sehat.* Yogyakarta: Yayasan Sarana Cipta, n.d. 91 halaman

Gut, Paul. *Roof Structure Guide.* St. Gall: SKAT, 1993. 144 halaman

Gut, Paul/Ackerknecht, Dieter. *Climate responsive building.* St. Gall, 1993. 324 hlm.

Hamzuri. *Rumah tradisionil Jawa.* Jakarta: Proyek Pengembangan Permuseuman DKI, n.d. 184 halaman

Hediger, Herbert. *Sanitärtechnik HTL-Schulen Hochbau.* diktat kuliah. Zürich 1976.

Hermans, Marleen. *Detoriation characteristics of building components.* Diss. Eindhoven: University of Technology, 1995. 232 halaman

Heyne, K. *Tumbuhan berguna Indonesia.* (judul asli: De nuttige planten van Indonesië) 4 jilid. Jakarta: Sarana Wana Jaya, 1978. 2521 halaman

Howcroft, Heidi. *Richtig Pflastern.* München: Callwey, 1997. 159 halaman

Hungerbühler, Ruedi. *Konstruktion im Hochbau.* jilid 1+2. Dietikon: Baufachverlag, 1979; 1983. 591 halaman

IBO / Donau-Universität Krems (ed.). *Oekologischer Bauteilkatalog.* Wien: Springer, 1999. 279 halaman

Interkantonales Autorenkollegium. *Hochbau Konstruktionslehre.* jilid 1-4. Zürich, 1987. 361 halaman

Kasser, Ueli/Pöll, Michael. *Graue Energie von Baustoffen.* Zürich: Büro für Umweltchemie, 1995. 75 halaman

Keller, Herbert. *Darstellung in der Freiraumplanung.* Berlin: Paul Parey, 1985. 206 hlm.

Ken Yeang. *The skyscraper bioclimatically considered.* London: Academy Group Ltd. 1996. 269 halaman

Kirana, Andy. *Etika bisnis konstruksi.* Yogyakarta: Kanisius 1996. 123 halaman

Koesnadi Hardjasoemantri. *Hukum tata lingkungan.* edisi ke-5. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 1993. 614 halaman

König, Klaus. *Regenwasser in der Architektur.* Staufen bei Freiburg: ökobuch Verlag, 1996. 236 halaman

Krämer, Franz. *Grundwissen des Zimmerers.* Karlsruhe: Bruderverlag, 1982. 472 hlm.

Krause, Karl-Heinz/Plewe, Klaus. *Baukonstruktionen – Grundlagen.* edisi ke-2. Berlin: VEB, 1988. 368 halaman

Krusche, Per. et al. *Oekologisches Bauen.* Wiesbaden: Bauverlag, 1982. 360 hlm.

Kuonen, Victor. *Wald- und Güterstrassen.* Pfaffhausen: Kuonen, 1983.

Kwantes, J. et al. *Ilmu bangunan 1.* edisi ke-4. Jakarta: Erlanga, 1987. 433 halaman

Leder, Gerhard. *Hochbaukonstruktionen.* Jilid 1-4. Berlin: Springer-Verlag, 1985-1987. 168; 148; 183; 131 halaman

LIGNUM. *VI. Projektierung und Ausführung von Holzbauten.* 5 jilid. Zürich, 1960

Lyle, John Tilleman. *Regenerative design for sustainable development.* New York: John Wiley & Sons, 1994. 338 halaman

Lippsmeier, Georg. *Bangunan tropis.* edisi ke-2. Jakarta: Erlangga, 1994. 242 hlm.

Lohmeyer, Gottfried. *Flachdächer* .edisi ke-2. Düsseldorf: Beton-Verlag, 1993 136 halaman

Mannes, Willibald. Der handwerkliche Holztreppenbau. Stuttgart: DVA, 1992. 176 halaman

Minke, Gernot. *Lehmbau-Handbuch.* Staufen: ökobuch, 1994. 321 halaman

Mislin, Miron. *Geschichte der Baukonstruktion und Bautechnik.* Von der Antike bis zur Neuzeit. Düsseldorf: Werner-Verlag, 1988. 380 halaman

Mönck, Willy. *Zimmerarbeiten.* edisi ke-5. Berlin: VEB, 1988. 464 halaman

Natterer, Julius et al. *Holzbau-Atlas Zwei.* München: IIAD, 1991. 332 halaman

Neuenschwander, Eduard. *Niemandsland.* Basel: Birkhäuser, 1988. 198 halaman

Neufert, Peter/Neff, Ludwig. *Gekonnt planen – richtig bauen.* Braunschweig: Vieweg, 1996. 226 halaman

NI-2. *Peraturan beton bertulang Indonesia.* edisi ke-5. Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, 1977. 257 halaman

NI-19. *Peraturan genteng keramik Indonesia.* edisi ke-2. Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, 1975. 35 halaman

NI-102. *Normalisasi sirap kayu besi.* Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, 1956.

Ogi, Hans Rudolf et al. *Konstruktionslehre Hochbau* 1+2. edisi ke-5. Tahun 1985/1987.

PBN.VDC: 69.001.3. *Peraturan Bangunan Nasional.* edisi ke-7. Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan,1977. 104 halaman

Pembinaan pemugaran perumahan pedesaan (ed). *Pedoman teknik perencanaan dan pembangunan perumahan pedasaan.* Jakarta: Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, 1977. 85 halaman

Pembinaan pemugaran perumahan. *Pedoman teknik perencanaan dan pembangunan perumahan.* Jakarta 1977.

Pijl, A. et al. *Ilmu bangunan 2.* edisi ke-4. Jakarta: Erlangga, 1987. 240 halaman

Prayogo, Joko/Suyono, Toni/Berney, Michael. *Apa itu pertanian organik?* Buku panduan. Cianjur: PPPGP, 1999. 79 halaman

Reitmayer, Ulrich. *Holztreppen in handwerklicher Konstruktion.* Stuttgart: Julius Hoffmann, 1953. 180 halaman

Ronner, Heinz. *Kontext 77 – Zirkulation.* edisi ke-5. Zürich: ETH, 1990. 128 halaman

Ronner, Heinz. *Kontext 79: Dach.* edisi ke-2. Zürich: ETH, 1987. 141 halaman

Schiechtl, H.M. *Sicherungsarbeiten im Landschaftsbau.* München: Callwey, 1973

Schmid, Peter. *Bio-logische Baukonstruktion.* Köln: Rud. Müller, 1986. 129 halaman

Schmidt, Paul. *Handbuch des Hochbaues.* edisi ke-6. Nordhausen: Heinrich Killinger, ±1930. 1032 halaman

Schmitt, Heinrich. *Hochbaukonstruktion.* Ravensburg: Maier, 1956. 584 halaman

Schreckenbach, Hannah. *Construction technology for a tropical developing country.* Eschborn: GTZ, 1981. 338 halaman

Schuster, Franz. *Treppen aus Stein, Holz und Eisen.* Stuttgart: Julius Hoffmann, 1943. 176 halaman

Schwitter, Daniel (ed.) *Roof Truss Guide.* St. Gall: SKAT,1998. 177 halaman

SIA Dokumentation D 046, *Schadstoffarmes Bauen.* Zürich, 1989. 87 halaman

Soed. Dirdjosapoetro. *Petundjuk untuk Pemborong.* Djakarta: Bhratara, 1972. 320 halaman

Soegihardjo, R./Soedibjo, Pr. et al. *Ilmu Bangunan Gedung 1-3.* Tidak diperjualbelikan. Jakarta: Dep. P&K, 1977; 1978; 1980. 140; 131; 204 halaman

Soffwan. *Konstruksi bangunan 1+2.* edisi ke-4; edisi ke-2. Bandung 1986. 156 hlm.

Stähli, Fridolin. *Ingenieurethik an Fachhochschulen.* Aarau: Sauerländer, 1998. 180 halaman

Stifter, Roland. *Dachgärten.* Stuttgart: Ulmer, 1988. 203 halaman

Stulz, Roland. *Appropriate Building Materials.* St.Gall: SKAT, 1981. 324 halaman

Sudibyo, Pr./Suratman. *Petunjuk praktek bangunan gedung.* 2 jilid. Jakarta: P dan K, 1982. 93; 97 halaman

Tirtha, Paul. *Bauen in feuchttropischen Ländern.* Tesis tidak diterbitkan. Mainz, 1977. 119 halaman

Vale, Brenda and Robert. *Green architecture.* London: Thames and Hudson, 1996. 192 halaman

Van der Kloes, J.A. *Het Bouwen in Overzeesche Gewesten.* Leiden: Brill, 1897. 691 halaman

VITA (ed.) *Village technology handbook.* edisi ke-4. Maryland: VITA, 1978. 387 hlm.

Volger, K./Laasch, Erhard. *Haustechnik.* edisi ke-9. Stuttgart: Teubner, 1994. 945 hlm.

Wagenteld, Horst (ed.) *Stadtgrünplätze.* Wiesbaden: Bauverlag, 1985. 273 halaman

Wagner/Grossmann/Cartsens. *Lehrbuch für Zimmerer.* edisi ke-22. Hannover, Gebüder Jänecke, 1972. 273 halaman

Walther. Karl-August (ed.) *Wasser – bedrohtes Lebenselement.* Zürich: Montana-Verlag, 1964. 294 halaman

Watson, Donald/Labs, Konneth. *Climatic deign.* New York: McGraw-Hill, n.d.

Wiegand, J. *Hochbau-Planung morgen. Impulsprogram Haustechnik.* Bern: Bundesamt für Konjunkturfragen, 1986. 111 halaman

Yap, Felix K.H. *Konstruksi kayu.* edisi ke-3. Bandung 1984. 202 halaman

Zeh, Helgard. *Ingenieurbiologie.* Ms. Worb, 1984.

Zimmermann, Klaus. *Konstruktionsdetails im Hochbau.* Zürich: WEKA, 1996

Zwiener, Gerd. *Oekologisches Baustoff-Lexikon.* Heidelberg: C.F. Müller, 1994. 358 halaman

4. Daftar kata-kata

4.1 Glosarium

air limbah	atau air limbah industri merupakan air yang tercemar sehingga tidak memenuhi lagi standar air bersih. Air limbah terjadi oleh pencemaran BBM jika mencuci ken-daraan bermotor dsb., serta sebagai limbah cair pada proses produksi bahan bangunan dsb.
air kapiler	air naik atau turun akibat gaya adhesi atau gaya kohesi pada pembuluh halus.
air sabun	*(grey-water)* terjadi oleh kegiatan rumah tangga (cuci piring, cuci pakaian, mengepel lantai), kegiatan mandi, dsb.
air tinja	(air limbah manusia) merupakan kotoran manusia berbentuk cair maupun padat. Mengandung kolibakteri dan kuman lain yang dapat mengganggu kesehatan manusia.
ambang	balok yang membentuk → kosen.
amonia	cairan pendingin yang digunakan oleh mesin pendingin absorber yang lebih ramah lingkungan daripada sistem pendingin yang lain.
ampere	kuat arus listrik.
ander	tiang yang mendukung balok bubungan pada kuda-kuda
angkur tanah	batang tarik yang tertanam dalam tanah yang kuat untuk mengamankan dinding galian tanah, dinding bendungan (turap) atau dinding penumpu, sehingga tidak puntir.
anorganik	mengenai atau terdiri atas benda-benda selain manusia, tumbuhan dan hewan, mengenai benda-benda tak hidup.
atap kasau (usuk)	konstruksi atap tanpa kuda-kuda di mana setiap kasau bersilang gunting bertindak sebagai kuda penopang yang memindahkan muatan langsung ke balok loteng.
atap panggung	konstruksi atap tradisional yang memiliki satu atau lebih banyak konstruksi balok loteng yang horizontal di dalamnya untuk memperkuat kasau yang panjang pada atap terjal seperti misalnya atap rumah Karo Batak.
atap peran (gording)	konstruksi atap tradisional yang menggunakan → peran (balok horizontal) yang didukung oleh kuda-kuda atap sebagai penopang kasau.
atap sengkuap	atap tambahan atau atap yang menonjol dari dinding rumah.
bahan sintetis	bahan yang diolah dengan memanfaatkan senyawa bahan organis.

balok batang horizontal yang menerima gaya lintang dan gaya normal. Pembebanan tersebut mengakibatkan lendutan. Pada bangunan, balok berupa balok lantai, balok loteng, › balok bangsal, dan → peran.

balok bangsal konstruksi balok loteng yang horizontal yang menopang kasau pada atap kasau dengan lebar bentang yang agak lebar. Merupakan konstruksi → atap panggung yang paling sederhana.

balok bubungan (molo) adalah penyangga kasau pada titik tertinggi. Balok bubungan selalu terletak dalam keadaan horizontal.

balok lantai balok horizontal yang membentuk struktur untuk pelat lantai berkonstruksi kayu.

bantalan balok kayu horizontal yang terletak pada bagian puncak dinding sehingga balok loteng atau kasau dan sebagainya dapat dipasang dengan mudah.

bantalan hijau konstruksi dolok kayu dengan gemang kecil tersusun yang terisi tanah dan sisipan jangkok perdu sebagai pencegah erosi.

batako batu buatan yang dicetak dari adukan tras dan kapur dan yang dikeringkan udara saja (bukan dibakar). Jika batu tersebut mengandung semen → conblock.

batu merah atau batu bata, dibuat dari adonan tanah liat, dicetak persegi panjang dan kemudian dibakar supaya keras sebagai bahan bangunan dinding.

baut sambungan kayu dengan baut yang dibebani terhadap gaya geser dinilai lemah dan hanya dapat digunakan untuk bangunan semi permanen. Lain halnya dengan sambungan profil baja dengan baut atau sambungan kayu dengan baut yang menerima gaya tarik searah dengan baut.

BBM bahan bakar minyak.

beton campuran yang terdiri dari perekat (semen), bahan tambah-an atau agregat (pasir, kerikil, cadas, batu apung, asbes, se-men merah, serbuk kayu, arang besi, dsb.) dan air.

beton berbatu *(cyclopean concrete)* terdiri dari 60% beton (1 bagian PC : 3 pasir : 5 kerikil) dan 40% batu kali (batu belah atau batu bulat yang bersih) ∅ < 15 cm.

bingkai kayu (papan, bilah) yang dipasang di keliling sayap jendela (kaca) atau daun pintu (dilapisi multipleks) supaya kuat. Konstruksi bingkai tidak menerima beban.

biogas bahan bakar gas alam yang dihasilkan dari bahan seperti tinja, kotoran hewan, daun-daunan, dsb. yang mengalami proses fermentasi anaerob.

bis pipa dari besi cor, semen, atau plastik untuk air limbah.

bitumen semacam aspal buatan, endapan pada penyulingan minyak bumi. Dapat digunakan sebagai lapisan kedap air dsb. Dicurigai menjadi kanserogenik (penyebab kanker).

boiler sistem ketel air panas yang menggunakan tangki baja dengan lapisan penahan panas. Di dalam tangki tersebut air dipanaskan (dengan berbagai sumber energi) dan disimpan sampai dipakai.

bronjong *(gabion)* berupa keranjang panjang terbuat dari kawat kasa baja yang diisi batu-batu sehingga dapat disusun sebagai konstruksi dinding penahan tanah pada lereng gunung yang kurang stabil.

bunga api penerbangan bunga api yang terbawa oleh angin dan dapat mengakibatkan kebakaran di tempat yang lain.

BWG Birmingham wire gauge. Daftar konversi sebagai berikut:

BWG	mm	BJLS	BWG	mm	BJLS
6	5.15	–	18	1.24	–
8	4.19	–	20	0.89	–
9	3.76	–	22	0.71	50
10	3.40	–	24	0.56	45
11	3.05	–	26	0.46	40
12	2.76	–	28	0.35	35
14	2.11	–	30	0.30	30
16	1.65	–	32	0.23	

cangkang konstruksi pelat lengkung secara struktural mirip dengan pelat lipat dengan berbagai bentuk, yang membuka ke bawah, ke atas, atau dua-duanya.

cekang konkaf, benda atau → cangkang yang kosong dan membuka ke bawah.

celah kerja celah antara bagian bangunan atau bahan bangunan yang berbeda. Pemisahan bahan menghindari retak-retak misalnya pada plesteran tembok, pada hubungan kosen dengan dinding, dsb.

cembung konveks, benda atau → cangkang yang kosong dan membuka ke luar (ke atas).

conblock batu berlubang yang dibuat dari semen dan pasir dengan cara pengempaan. Conblock kemudian dirawat dan dikeringkan udara.

cut and fill lereng gunung yang diratakan sistem teras dengan menggali bagian belakang dan menimbun bagian depan. Sistem ini sering dilengkapi dengan dinding penopang.

dB desibel = satuan ukuran untuk mengukur kerasnya suara.

dB (A) desibel A = satuan ukuran untuk mengukur ketajaman pendengaran sesuai dengan telinga manusia.

deformasi — perubahan bentuk yang tetap atau tidak tetap oleh beban, panas, atau pengaruh kimia.

difusi kelembapan — hampir semua bahan bangunan memungkinkan proses penyebaran kelembapan. Makin panas kelembapan, makin mudah bahan atau konstruksi bangunan meresapnya.

dilatasi — celah antara bagian gedung yang berbeda dalam bentuk maupun struktur. Pemisahan struktural dibuat agar setiap bagian gedung bisa bergerak tanpa mengakibatkan retak pada bagian gedung yang lain.

dinding — bagian → struktur bangunan yang berfungsi sebagai pembagi ruang (ruang umum – pribadi), pengaman maupun fungsi secara mistik (mikrokosmos – makrokosmos). Dinding dipengaruhi secara fisik (di luar kemampuan manusia) maupun oleh struktur gedung serta bahan bangunan yang dipilih.

efek rumah kaca — terjadi jika sinar matahari yang menembus kaca dipantulkan kembali oleh tanaman di dalam rumah kaca sebagai sinar inframerah yang berupa panas. Sinar yang dipantulkan tidak dapat keluar rumah kaca sehingga suhu udara di dalamnya naik. Gas, CO_2 (yang merupakan gas rumah kaca yang paling banyak dan efektif), metana, CFC, ozon troposfer, dinitrogen oksida, dan lainnya menimbulkan efek rumah kaca (menahan panas dekat permukaan bumi) karena konsentrasi gas ini meningkat dalam atmosfer. Pertambahan gas-gas tersebut diperkirakan akan menangkap lebih banyak energi dari permukaan bumi pada lapisan atmosfer yang lebih rendah sehingga akan menimbulkan kenaikan suhu dan perubahan iklim lain.

ekologi — ilmu mengenai hubungan timbal balik antara makhluk hidup dan alam sekitarnya (lingkungannya).

fascine — berkas tangkai perdu yang terikat dan yang digunakan sebagai pencegah erosi lerengan atau tepi perairan.

fase (elektro) — hantaran yang bermuatan listrik pada tiga arus bolak-balik.

fondasi — bagian bangunan yang menghubungkan bangunan dengan tanah. Fondasi harus menjamin kestabilan bangunan terhadap berat gedung sendiri, beban berguna dan gaya-gaya luar seperti tekanan angin, gempa bumi, dan lain sebagainya.

fosfat — bahan asam fosfor yang dapat dipakai sebagai pupuk.

formaldehid — gas yang berbau menusuk hidung, digunakan sebagai bahan pengikat pada pengolahan lem kayu, rokwol, bahan cat dan vernis kimia, serta bahan sintetis lainnya. Mengakibatkan gangguan selaput lendir, sesak nafas, sakit kepala, alergi kulit, dan dicurigai mengakibatkan kanker.

frekuensi — getaran gelombang per detik, diukur dalam jumlah satuan gelombang atau pulsa setiap detik, hertz (Hz).

freon (CFC-12) — Difluordiklormetana, cairan pendingin yang digunakan oleh mesin pendingin kompresor atau lemari es. Freon secara kimia bersifat stabil sekali dan mengakibatkan perusakan lapisan ozon di stratosfer.

fungsi — 1) fungsi tugas menentukan aturan yang mendayagunakan hubungan antara fungsi dan tugas.
2) fungsi bentuk bangunan yang mendayagunakan bentuk bangunan dalam hubungannya dengan fungsinya. Atau bentuk mengikuti fungsi yang berarti fungsi diperuntukkan bagi tujuan tertentu, yaitu bentuk bangunan.
3) fungsi konstruksi yang mendayagunakan konstruksi dalam hubungannya dengan daya tahan, masa pakai terhadap gaya-gaya, dan tuntutan fisik lainnya.

gemang — garis tengah barang yang bulat torak seperti batang kayu.

geotekstil — bahan polimer berlubang guna mengikat tanah dan kerikil tanpa menghambat rembesnya air.

gevel — bagian ujung atap pelana yang berbentuk segitiga.

geyser — *(continuous water heater)* alat pemanas air di mana air yang mengalir dipanaskan (dengan tenaga gas) dan diatur sedemikian rupa supaya pemanasan selalu berlangsung dalam saluran air yang tertutup.

gipskarton — pelat untuk langit-langit atau sebagai lapisan dinding yang terbuat dari gips (sebagai lapisan yang menerima gaya tekan) yang dilapisi sebelah-menyebelah dengan karton (sebagai lapisan yang menerima gaya tarik).

ijuk — serabut palem ijuk *(Arenga pinnata)* yang mucul di antara tangkai daunnya. Ijuk adalah bahan bangunan untuk melapisi atap dan membuat tali ragum.

isolasi — melapisi kawat listrik (sakelar pemisah) sehingga tidak terdapat sentakan listrik.

joglo — gaya bangunan rumah tradisional Jawa. Bentuk atapnya perisai dengan bubungan yang sangat pendek dan sangat berhubungan dengan jenjang pangkat penghuni.

juluran — bagian dari papan langkah (anak tangga) yang menonjol ke luar terhadap papan sentuh.

kabel (elektro) — penghantar listrik yang dibuat dari kawat tembaga tipis yang terjalin menjadi tali, kemudian diselimuti dengan bahan karet atau sintetik.

kampung — atap pelana.

karatan — kerusakan logam oleh pengaruh kimia atau elektrokimia (oksidasi).

kasau — (usuk) adalah balok atap yang menerima beban pelapis atap, dan melintang miring serta menghubungkan di atas → ring balok *(muurplaat)*, → peran (gording), dan balok bubungan (molo).

katup balik — peralatan yang menghindari air mengalir dalam arah yang tidak diinginkan.

katup geser/putar — peralatan untuk mematikan aliran air.

kawat (elektro) — penghantar listrik yang dibuat dari batang tembaga tipis, kemudian diselimuti dengan bahan karet atau sintetik.

kekuatan — sama dengan ketahanan suatu benda yang mengalami perubahan bentuknya.

kekuatan tanah — berupa pendekatan daya tahan dari tanah terhadap tekanan dari fondasi gedung.

kelam — bilah besi yang bersudut dan ujungnya lancip tajam untuk menguatkan sambungan balok dan sebagainya.

keramik halus — terbuat dari tanah liat yang halus sekali dengan campuran jerami yang digiling atau tambahan kaolin, kwarsa, felspar atau bubuk magnesium sulfat. Perlengkapan saniter (wastafel, kloset, urinoar).

keramik kasar — terbut dari tanah liat (pasir kwarsa, tanah liat, silb) dan digunakan sebagai pipa tanah liat, super bata, ubin tanah liat, dan sebagainya.

keran air — peralatan untuk mengatur banyaknya air yang diperlukan.

kertas aspal — kertas yang pada satu muka atau kedua belah mukanya dilapisi dengan aspal, sehingga membuat kertas tersebut tahan air. Kertas ini biasa dipakai sebagai pembungkus atau pelapis atap.

klor (klorin) — unsur kimia berbentuk gas racun kuning yang berbau tajam. Klor merupakan gas perang kimia yang dilarang, bahan dasar untuk bahan sintetis (→ polivinilklorida dsb.), serta bahan untuk mensterilkan air minum. Klor merupakan bahan yang beracun (menggganggu pernafasan, mengakibatkan batuk dan radang paru-paru) yang kurang ramah lingkungan.

kolektor tenaga surya — mengumpulkan energi panas matahari dengan menggunakan air sebagai sarana transportasi (biasanya digunakan untuk memanaskan air).

kompos — sampah organik seperti daun-daunan, potongan pagar hidup, tangkai perdu dan pohon (dipotong 5-10 cm panjangnya), rerumputan, sampah dapur (buah-buahan dan sayur-sayuran), kotoran hewan dan binatang piaraan, bulu-bulu, kulit telor, abu dan arang (sisa kebakaran kayu dan kertas), dsb. dibiarkan berfermentasi menjadi pupuk alam.

konsep struktur — 1) merupakan prinsip dimana setiap unsur bangunan yang masa pakainya berbeda dengan bagian bangunan yang lain dapat diganti tanpa merusak bagian bangunan yang lebih kuat.
2) konstruksi bangunan yang dibuat dengan peralatan teknis atau metode tertentu (menyusun, menghubungkan, menyambung, dsb.).

konstruksi — *(construere)* susunan dan hubungan bahan bangunan sedemikian rupa sehingga penyusunan tersebut menjadi satu kesatuan yang dapat menahan beban dan menjadi kuat.

korosi — proses perubahan atau perusakan logam yang disebabkan oleh reaksi kimia.

kosen — kayu kerangka yang ditanam ke dinding tempat sayap jendela atau daun pintu mengatup atau bergantung.

kosen tiruan — semacam kosen yang dibuat dari kayu setebal 30 mm saja. Kosen tiruan dipasang ke dalam lubang pada dinding yang siap (bukan pada masa mendirikan dinding batu bata) dan diikat dengan sekrup dan pasak nilon.

kualitas struktur — pemanfaatan prinsip-prinsip ekologis pada perencanaan lingkungan buatan (pembangunan dsb). Perumahan maupun pedesaan dapat dianggap sebagai ekosistem (peredaran buatan) yang berhubungan erat dengan peredaran alam (hukum alam).

limasan — atap perisai.

lisplank gevel — papan tegak yang dipasang pada ujung atap gevel dari titik bubungan sampai dengan lisplank tirisan.

lisplank tirisan — papan tegak yang menghubungkan ujung bawah kasau sepanjang tirisan secara horizontal.

Lux (lx) — kesatuan intensitas iluminasi.

masa pakai — waktu penggunaan bahan bangunan yang terbatas oleh pengaruh fisik maupun non-fisik sebagai berikut:
- karena aus, rusak atau usang (harus diganti);
- karena perkembangan teknologi (tidak diizinkan lagi memakainya); atau
- karena tidak laku lagi (membosankan), misalnya bentuk warna, motif, dan sebagainya.

menanggul terhadap panas — sifat suatu bahan bangunan menghindari tembusnya panas (atau dingin).

menangkal kelembapan air — adalah lapisan yang mencegah naiknya kelembapan dari tanah ke dalam dinding sehingga dinding mengalami kebusukan → trasraam.

menyala — sifat bahan beku atau gas akan mulai membakar diri sendiri pada suatu suhu tertentu (berbeda dengan bahan yang hanya terbakar jika dinyalakan dengan api, misalnya bahan sintetik).

minimal — artinya sekurang-kurangnya atau sekecil-kecilnya, digunakan sebagai:
- nilai, berhubungan dengan biaya pembangunan dsb. dalam arti sekurang-kurangnya;

jumlah, berhubungan dengan banyaknya bahan bangunan dsb. dalam arti sedikit, sekecil-kecilnya;
- ukuran, berhubungan dengan ukuran konstruksi yang kecil, bobot konstruksi yang ringan. atau jangka waktu mendirikan konstruksi jadi pendek.

monokultur — satu jenis tanaman saja pada suatu lahan/perkebunan.

mortar — campuran antara pasir, kapur, semen merah atau pasir tras, kapur atau pasir semen dengan ditambah air, yang berfungsi sebagai plesteran atau pengikat pasangan.

mulsa — bahan seperti jerami, tahi gergaji, dedaunan dsb. yang disebarkan pada permukaan tanah untuk melindungi akar tanaman dari pengaruh air hujan (pemadatan tanah dsb.)

multipleks — kayu lapis yang terdiri dari 5 atau lebih lapis vinir yang serat-serat kayunya bersilangan dan dilekatkan dengan lem. Lapis atas dan bawah seratnya harus searah.

ohm — tahanan listrik.

optimal — artinya terbaik, yang paling menguntungkan, digunakan sebagai nilai tujuan jika hasil dan keuntungan atau efisiensi harus besar atau diharapkan akan besar.

organik
- mengenai atau terdiri atas zat yang berasal dari makhluk hidup (hewan atau tumbuh-tumbuhan seperti minyak dan batu bara);
- berhubungan dengan organisme hidup.

palisade — suatu sistem pagar dengan pancang dan anyaman tangkai yang masih hijau di dalam tanah sebagai pencegah erosi.

papan blok — *(blockboard)* kayu lapis dengan intinya terdiri dari kayu gergajian (bilah) dengan lapisan vinir muka dan belakang yang melintang.

papan lamin — *(laminboard)* kayu lapis dengan intinya terdiri dari vinir tebal yang berdiri tegak lurus dengan lapisan vinir muka dan belakang yang melintang.

papan langkah — bagian anak tangga yang horizontal, yang diinjak waktu naik turun tangga.

papan partikel — *(chipboard, particle board)* dibuat dari tatal kayu yang kasar dan yang dicampur dengan perekat sehingga kemudian dapat dikempa menjadi papan.

papan sentuh — bagian anak tangga yang vertikal.

PEI — *(primer energy index)* nilai energi primer (MJ) yang terkandung dalam bahan bangunan tertentu oleh produksinya.

pelapis atap — tambahan lapisan kedap air di atas usuk dipasang dengan reng yang dipaku memanjang di sebelah atas pada setiap kasau sebelum reng dipasang.

pelat dinding — pelat yang hanya menerima beban yang searah dengan pelat tersebut. → Stabilitas pelat dinding tergantung dari kelangsingan yang dicerminkan dalam perbandingan tinggi dengan tebal pelat dinding.

pelat lantai — pelat yang dibebani berlawanan dengan arah pelat. Pelat lantai selalu harus 'dipegang' pada tempatnya. Cara pemegangan tersebut atau tumpuan-tumpuan menentukan sistem pelat lantainya.

pelat lipat — merupakan kombinasi dari pelat dinding dan pelat lantai karena menerima beban yang searah maupun berlawanan arah pelat tersebut.

pemipaan bawah tanah — sistem pipa-pipa (dari → keramik kasar, beton, semen berserat, atau → Polivinilklorida) yang menyalurkan → air sabun keluar rumah menuju kolam pengolahan atau selokan kota yang terbuka, → air tinja yang menuju → septic tank, atau saluran kota tertutup yang membawa air limbah ke pusat pengolahan.

pengasaman — *(acidification potential)* terjadi oleh pengaruh timbal-balik antara NO_x dan SO_2. Mengakibatkan perairan asam yang mengurangi kekayaan alam ikan dan hujan asam yang merugikan tumbuh-tumbuhan dan merusakkan hutan di daerah tertentu. Pengasaman merupakan fenomena yang lokal saja.

pengudaraan — merupakan lapisan penghawaan yang tipis (2-6 cm) mis. di antara dua lapisan bahan bangunan pada konstruksi dinding berlapis (heterogen) atau konstruksi rangka berisi/berlapis guna menahan panas oleh sinar matahari atau menghindari retak oleh penyusutan dua bahan bangunan yang berbeda.

penurunan tanah — *(settlement)* diakibatkan oleh perubahan beban (rumah bertingkat, jalan raya, dsb.) secara lambat-laun sebagai fungsi waktu atau secara langsung oleh keadaan elastis-plastis dari tanah tersebut.

penutup atap — lapisan kedap air seperti → ijuk, → rumbia, genting, pelat serat semen atau seng gelombang dan sebagainya.

penyusutan kayu — berkurangnya kadar air di bawah titik jenuh serat; dan besarnya penyusutan sebanding dengan banyaknya air yang dilepas.

peran — (gording) adalah penyangga kasau di antara balok bubungan dan ringbalok *(muurplaat)*. Peran selalu terletak dalam keadaan horizontal.

perdu — tumbuhan berkayu yang bercabang-cabang tumbuh rendah dekat dengan permukaan tanah, dan tidak mempunyai batang yang tegak.

perumpung — tumbuhan gelagah (seperti pokok tebu) yang biasanya tumbuh di daerah rawa-rawa, di tepi sungai, dsb.

pigmen — bahan pewarna dalam bahan pelapis. Pigmen mempengaruhi tebalnya cat dsb. dan masa pakai.

pilar tiruan — (pilaster) merupakan pilar semu yang berbentuk persegi empat panjang dan yang menjorok ke luar dari dinding rumah.

pipa — benda yang bentuknya bulat panjang dan tengahnya berrongga dari ujung ke ujung untuk mengalirkan barang cair atau gas. Untuk air limbah → bis.

plaza — tempat terbuka yang dibatasi oleh gedung dan sebagainya di perkotaan untuk penggunaan lalu-lintas.

poliester (UP) — polimer sintetis yang satuan pembentuknya adalah gugus ester.

polietilen (PE) — dibuat dari minyak bumi dan etilen dengan proses polimerisasi dengan hasil polietilen yang lunak, tahan 8 N/mm² atau polietilen keras tahan 25 N/mm² terhadap gaya tarik. Polietilen adalah bahan yang dapat didaur ulang.

polikultur — sistem penanaman pada sebidang tanah dengan berbagai jenis tanaman berdasarkan pola urutan musim, kebutuhan ekosistem nabati, dsb.

polistirol (PS) — butir-butir / biji-biji stirol dibuat dengan polimerisasi yang kemudian dikembangkan (EPS) atau dengan disemprotkan (XPS). Sebagai gas penggerak biasanya digunakan CFC (Chloro Fluoro Carbon) dan H-CFC yang mempengaruhi lobang ozon. Bahan ini agak sulit didaur ulang.

poliuretan (PUR) — polimer yang mengandung senyawa NH COO dan khususnya digunakan dalam busa kenyal dan halus, elastomer dan resin.

polivinilchlorida (PVC) — bahan sintetis yang dibuat melalui polimerisasi, yang kaku dan keras. Dengan tambahan ± 50% zat pelunak dihasilkan bahan sintetis yang termoplastis. PVC adalah bahan yang mengkhawatirkan karena pada saat terbakar melepaskan hidrogen klorida dalam jumlah besar (mengakibatkan kematian tumbuh-tumbuhan).

purus — puting pada ujung kayu yang dapat masuk lubang sehingga sambungan tekan ini tidak mengalami pergeseran.

radiasi — pemancaran dan perambatan gelombang yang membawa tenaga melalui ruang atau zantara, mis. pemancaran dan perambatan gelombang elektromagnetik, penyinaran, gelombang bunyi dan sebagainya.

rantai bahan — proses perubahan bahan yang merupakan hubungan antara materi dan energi yang mengakibatkan pencemaran udara.

reng — bilah dari bambu atau dari kayu (2x3 cm) yang biasanya dipaku pada kasau untuk kaitan genting.

renggat — garis-garis lingkaran pada batang kayu.

ringbalok — balok dari beton bertulang, sebagai balok pengikat pada bagian atas dinding setiap tingkat lantai atau sebagai balok pengikat dan pendukung kuda-kuda atap *(muurplaat)* sehingga pembebanan disalurkan merata ke bawah.

rumbia — pohon palem sagu *(Metroxylon sagus)* yang daunnya dapat digunakan sebagai lapisan atap. Daun rumbia dirangkaikan berbentuk sisir sedemikian rupa, sehingga dapat diikat pada bilah (reng bambu).

saniter — berkaitan dengan usaha perbaikan kesehatan.

selokan terbuka — merupakan sistem parit buatan yang dapat dimanfaatkan untuk menyalurkan air hujan ke kali, sungai, danau dsb. (lihat juga pemipaan bawah tanah).

sel surya — *(solar cell)* merupakan kumpulan sel yang terbuat dari bahan silikon yang dapat menghasilkan energi listrik langsung dari cahaya matahari dengan ditunjang oleh komponen lain, seperti aki dan sebagainya.

seluloseasetat (CA) — selulosa yang diolah dengan asam cuka dan asam cuka anhidrida.

semak — tumbuhan yang lebih kecil dan rendah dari perdu, hanya cabang utamanya yang berkayu. Berfungsi sebagai penutup tanah terhadap erosi.

septic tank — sumur pengolahan air tinja secara sederhana dengan bak pemisahan yang harus dikuras jika penuh.

septic tank Vietnam — sistem → septic tank yang berdasarkan pernyataan bahwa proses fermentasi yang tidak terganggu mengakibatkan suhu yang cukup tinggi untuk membasmi bakteri koli dan kuman lainnya, dan menghasilkan pupuk organik.

sick building syndrome — himpunan gejala gangguan kesehatan atau tanda penyakit yang terjadi serentak dan menandai ketidak-normalan tertentu, yang diakibatkan oleh bahan bangunan, kegiatan menghuni, bekerja gedung, atau oleh pengaturan suhu udara terpusat (AC) yang kurang sesuai.

silb — bagian tanah yang tidak mengikat dan mempunyai diameter butiran antara 0.002 s/d 0.06 mm.

silikon (SI) — polimer hidrokarbon yang digunakan dalam pelumas, pemoles dan lak.

sirip — alat pelindung pembukaan dinding terhadap matahari seperti kepak pada dada ikan.

sloof — balok dari beton bertulang di atas fondasi batu kali sehingga beban gedung agak merata disalurkan ke bagian fondasi.

split-level — rumah berlantai dua terbagi setengah tingkatan.

sprinkler — sistem perlengkapan terhadap kebakaran yang menyemprot air lewat pancaran yang dipasang pada langit-langit.

stabilisasi — usaha atau upaya membuat stabil.

sterilisasi — proses untuk menjadikan suatu bahan bebas dari mikro-organisme hidup (bakteri koli, kuman, dsb.) maupun sporanya dengan cara pemanasan (fermentasi).

struktur — susunan atau pengaturan bagian-bagian gedung yang menerima beban atau konstruksi utama dari gedung tanpa mempedulikan apakah konstruksi tersebut dapat dilihat atau tidak kelihatan. Struktur gedung umumnya terdiri atas konstruksi fondasi, dinding, kolom, pelat lantai, dan kuda-kuda atap.

struktur bangunan masif — konstruksi yang membentuk ruang oleh bagian bangunan yang menerima beban, yang berarti, bahwa semua bagian bangunan menerima beban.

struktur bangunan pelat dinding sejajar — konstruksi di mana hanya dinding-dinding yang berdiri searah saja yang menerima beban (arah memanjang atau arah melebar).

struktur bangunan rangka — konstruksi di mana hanya tiang-tiang yang berdiri berkisi-kisi menerima beban dan bagian bangunan yang tidak menerima beban (pembagi ruang) diisi saja di antara tiang-tiang tersebut, sesuai dengan prinsip strukturnya: yaitu terpisah.

struktur gedung — bagian bangunan yang tahan lama dan yang menerima beban (struktur primer) yang berfungsi untuk melindungi manusia (dengan memperhatikan konsep struktur). Struktur gedung umumnya terdiri atas konstruksi fondasi, dinding, kolom, loteng, dan kuda-kuda atap.

suai angin — papan kayu atau strip besi yang menjamin kestabilan kerangka atap terhadap tekanan angin. Biasanya terletak diagonal dalam kemiringan bidang atap (di atas atau di bawah kasau)

tajug — atap berbentuk kemah atau piramida. Menurut pantangan atap tajug tidak sesuai untuk rumah duniawi melainkan khusus untuk candi, mesjid, dan sebagainya.

takikan — torehan pada suatu sisi balok kayu untuk menerima cakar balok kayu yang lain yang akan disambung miring atau tegak lurus.

tambahan kasau miring — tambahan kasau yang lebih landai pada ujung → tirisan pada → atap kasau sehingga → kayu muka dari balok loteng terlindung oleh atap.

tambang lift — lubang vertikal yang dibangun sebagai ruang vertikal untuk memasang instalasi lift, berlawanan dengan istilah terowongan yang merupakan lubang yang digali berarah horizontal.

tanah liat *(loam)* — bagian tanah yang merupakan hasil campuran alam maupun buatan antara → tanah pekat, → silb, dan → pasir.

tanah pekat *(clay)* — bagian tanah yang mempunyai diameter butiran lebih kecil dari 0.002 mm. Tanah pekat dalam keadaan kering terasa seperti berlemak, mempunyai daya susut muai yang besar dan dalam keadaan kering maupun basah memiliki daya lekat yang besar.

tiang — balok yang berdiri tegak dalam konstruksi dan menerima gaya tekan. Stabilitas tiang tergantung pada angka kelangsingan, panjangnya, dan penampang lintang karena gaya-gaya hanya dapat disalurkan di dalamnya.

tiang gantung — balok yang berdiri tegak dalam konstruksi dan menerima gaya tarik yang merupakan struktur batang yang paling menguntungkan karena panjangnya tidak mempengaruhi kekuatan.

tirisan — bagian atap terendah dimana air hujan akan merembes dari lapisan atap jatuh ke tanah.

tirusan (tangga) — konstruksi tangga dengan belokan atau berbentuk lingkaran mengakibatkan papan langkah berbentuk makin ke ujung tengah makin kecil.

TPA — tempat pembuangan (sampah) akhir *(sanitary landfill)*

TPS — tempat penampungan (sampah) sementara

trasraam — lapisan (selaput kedap air) antara sloof (fondasi) dan dinding yang mencegah naiknya kelembapan tanah yang akan naik ke dinding, sehingga dapat mencegah dinding mengalami kebusukan. Trasraam yang dibuat dari seng bisa dibentuk juga sedemikian rupa sehingga berfungsi sebagai pencegah rayap.

tripleks — kayu lapis yang terdiri dari 3 lapis vinir yang serat-serat kayunya bersilangan dan dilekatkan dengan lem. Lapis atas dan bawah seratnya harus searah.

tumpuan — (gelagar) tempat dimana sebuah konstruksi atau balok menyampaikan bebannya kepada struktur penyangga.

umpak — fondasi dangkal setempat, secara tradisional di bawah saka guru dan sebagainya.

volt — potensial listrik, atau tegangan listrik.

4.2 Indeks (daftar istilah penting)

A

air danau 123
air dari mata air 124
air hujan 99, 122
air kapiler 2, 233
air limbah 99, 233
air limbah industri 100
air minum 120
air sabun 100, 233
air sungai 123
air tanah 124, 125
air tanah, pencemaran 112, 113
air tinja 100, 233
akibat listrik 139
alang-alang 17
alat pemanas air 132, 237
alat pengatur suhu (AC) 161
alat penutup jendela 88
aliran air di lereng gunung 180
aluminium 5
aluminium gelombang 22
amonia 162, 167, 233
ampere (definisi) 140, 142, 233
anak tangga 51
ankur tanah 193, 194, 233
anorganik 233
arah tangga 40
asem londo 213
aspal tuangan 26
atap bertanaman 3, 27-28, 154
atap datar 4, 25
atap landai 4
atap sengkuap 31, 32, 232
atap terjal 4

B

baja untuk tangga 51, 54
bak kontrol 109
bak pengapis BBM 108, 109, 234
bak penguraspelataran 108
bambu 4
bangku kerja kecil 172
bantalan hijau 196, 198, 234
batu alam untuk tangga 51, 54, 57
batu merah 234
batu merah untuk tangga 58
bekisting untuk tangga beton 60
bentuk perakaran 220
bentuk tangga 41, 53
bentuk tubuh tanaman 220
beringin 213
berkas tangkai terikat → fascine
beton bertulang kedap air 25
beton bertulang utk tangga 51, 54, 59, 60
bingkai jendela 75, 83
bingkai sayap jendela 75
biogas 116, 234
bio-switch → sakelar pemutus jaringan
bitumen 234
boiler → ketel air panas
bordes 38, 40
bugenvil 207, 212

C

cangkuk 31
cara tangga dapat ditirus 45-49
celah terbuka 3, 10
celah tertutup 3, 10
cerobong angin 158
cerobong udara 164
concrete lawn block 197
cut and fill 180, 187, 234

D

dempul minyak lena 79
dinding penahan tanah 190
dinding penahan tanah berkonsol 193
dinding penahan tanah gaya berat 191
dinding penahan tanah siku 192
distribusi air minum 134

E

efek penyegaran oleh angin 157
efek rumah kaca 12, 55, 236
ekosistem hutan 179
elektrode batang 37
elektrode fondasi 37, 145
embun 2
enceng gondok 202
engsel 87, 97
erosi lerengan 194
eskalator → tangga berjalan
evaluasi pelapis atap 8
evaluasi tangga 52
exhauster (ventilator) 160

F

fascine 195, 198, 235
filter karbon aktif 163
filter udara 163
filter udara elektro 163
filter udara halus 163
filter udara kasar 163
flamboyan 213
floor drain → saluran keluar
Franklin, Benjamin 36
frekuensi 141, 142, 236
freon 162, 167, 237

G

gabion → susunan beronjong
galvanisasi 139
gambar penyaluran air limbah 106
garis jalan 38, 40
garis kontur 186
genting 1, 3
genting beton 3, 7, 19
genting flam 18
genting pres 19
genting semen berserat 18
geotekstil 196-197, 236
geyser → alat pemanas air

H

Hertz (Hz) 142
hortensia 212
hukum ohm 140

I

ibu tangga 28, 51
ijuk 1, 3, 4, 16, 237
ikan untuk kolam 202
ikatan palang 170
ikatan silang bergerak 170
ikatan silang mati 170
intake ventilator 160
intensitas hujan 99
isi birai sandaran 65

J

jalan aspal 188
jalan batu jalanan 188
jalan berbatu 182, 188
jalan distribusi 185
jalan kendaraan 183-185
jalan pencapaian 184
jalan penghubung 185
jalan setapak 182
janti 213
jendela 73
jendela dengan sayap berputar 74, 83
jendela dengan sayap gantung 74
jendela dengan sayap jatuh 74
jendela kaca 77, 78
jendela krepyak 86, 156
jendela krepyak kaca (naco) 74, 86
jendela logam 84, 85
jendela mati 74
jendela sorong 74, 85
jendela tanpa kosen 82, 83
jure 212

K

kaca 3, 6, 24
kaca bertulang 24
kaca pengaman 24
kaca piring 212
kaca polikarbonat 24
kaca sepuhan 24
kacang panjang 207
kana 212
kangkung air 202
katup air 130
katup balik 130, 238
katup geser 129, 238
katup putar 129, 238
kawat listrik 144
kayu lapis 90
kayu untuk tangga 51, 54, 61
keadaan statis tangga 49, 50
keamanan ujung anak tangga 58
kebakaran 2, 138
kebisingan 2
kebutuhan air minum 121
kebutuhan ruang (tangga) 42
kebutuhan ruang kendaraan 183
kecepatan angin dan kenyamanan 157
kembang jepun 213
kembang kenikir 212
kembang merak 207, 212
kembang sepatu 212
kenci 202
kerai rusuk 156
keran air siku/miring 130, 237
kerangka perancah pipa baja 175
kersen 213
kertas aspal 3, 6, 15, 26, 238

kertas atap → kertas aspal atau polimerbitumen
kesuburan tanah 216
ketapang 213
ketel air panas 131, 235
kincir angin 158
kloset duduk 135
kloset jongkok 135
kloset monoblok 136
kolam 201
kolam renang 202, 204
kolam sebagai pengolahan air 201
kolektor tenaga surya 131, 238
kompos 216, 238
konstruksi kolam beton bertulang 204
konstruksi kolam foli PE 203, 242
konstruksi kolam tanah liat 203
kosen 239
kosen beton prakilang 82, 91
kosen jendela 75
kosen kayu 79
kosen pelat baja 80, 91
kosen pintu 91
kosen tiruan 81, 91, 239
kuat medan listrik 142
kuat medan magnetis 142
kulah mandi 137
kulah pancuran 137
kunci pintu 98

L
lampu neon → tabung fluoresensi
lampu pijar 146
lamtoro 207, 213
lebar jalan minimum 184, 185
lebar tangga 40
letak tangga 43
lidah ayam 212
lift 68
lift hidraulis 69
lift kabel kawat baja 69
lift untuk barang 69
lift untuk manusia 69
lisplank gevel 8, 19, 21, 23, 35, 239
lisplank tirisan 34, 239
listrik arus bolak-balik 141
listrik arus searah 141
listrik arus tiga fase 141
logam 5

M
mahoni 213
marisa 207
markisa 207
medan magnetis 139
melati 212
menara angin 159
mesin pendingin absorbsi 162
mesin pendingin kompresor 162
meter listrik 146
minibus 183
mobil 183
monokultur 211, 240
multipleks 90, 240

N
nimba 213

O
ohm (definisi) 140, 240
organik 208, 216, 240

P
pacar tembok 212
pagar anyaman sasak 206
pagar bilah bambu 206
pagar dan gerak angin 208
pagar hidup 207
pagar kawat kasa 206
pagar palisade 196, 240
pagar papan kayu 206
pagar tembok 205
pagar terali logam 206
pakis air 202
panggung pelindung 176
papan langkah 38, 240
papan sentuh 38, 240
paving block → batu jalanan
pegangan tangga 64
PEI (energi primer) viii, 12, 55, 240
pelapis atap 15, 240
pemadam kebakaran 138
pemantulan sinar cahaya 155
pembumian 37, 145
pemipaan bawah tanah 101, 240
penampung air minum 126, 127
penampungan air hujan 122
penangkap petir 36, 37
pencahayaan buatan 148, 239
pencegah erosi 195-198
penempatan lampu fluoresensi 148

penempatan lampu pijar 148
penentuan sumbu jalan 186
penentuan ukuran pipa air hujan 102
penentuan ukuran pipa air limbah 102, 103
pengasaman viii, 12, 55, 241
pengaturan suhu udara tekanan rendah 164, 165
pengaturan suhu udara tekanan tinggi 164, 165
pengaturan suhu udara terpusat 162, 166
penghawaan ruang atap 10
penghijauan dan iklim 210
penghijauan kota 214, 215
pengolahan air hujan 122
pengolahan air limbah dengan kolam 115
pengudaraan pelapis atap 15
pengudaraan saluran air limbah 105
penutup atap 241
penutup atap rangkap dua 10, 13
penutup atap tunggal 10, 13
penyegaran udara aktif 156-159
penyegaran udara mekanis 159
penyegaran udara pasif 153
penyerapan sinar cahaya 155
peralatan penangkap angin 158
peralatan pengatur pembukaan jendela 88
perancah kerja 173, 174
perancah kerja panggung 168, 172
perancah pengaman 168
perancah penyangga mendatar 168, 178
perancah penyangga tegak 168, 177
perawatan endapan 120
perbandingan kelandaian tangga 39
perdu 212, 241
perdu terhadap erosi tanah 198
peredaran air 121, 140
peredaran listrik 140
perencanaan instalasi listrik 151
perencanaan kebun berguna 219
perencanaan taman 217, 218
perlengkapan pengaman (elektro) 150
perlindungangedung terhadap matahari 154
pertamanan sengked 180
pertukaran udara minimal 158
perumpung 241
petai 207, 213
petir 2
peutup atap 16
pinta singkap 90
pintu 89
pintu berdaun datar 94
pintu berlapis 93
pintu dari logam 95, 96
pintu dengan daun berputar 89
pintu gerbang 89
pintu lipat 90
pintu panel 92
pintu papan 92
pintu sorong 89, 95
pintu terali harmonika 96, 97
pipa 242
pipa baja 128
pipa baja untuk perancah 171, 175
pipa bis beton 103, 234
pipa penyambung 128
pipa PVC 104, 242
pipa resapan 111, 112
pipa saluran talang 29, 30, 32, 33
pipa semen berserat 103
pipa tanah liat 104
plaza 181, 242
pohon peneduh 212, 213
polikultur 211, 219, 242
polimerbitumen 3, 6, 15, 26
pompa air 127
proses pemecahan fosfat 120, 236
proses pengolahan air limbah 114, 117-119
pupuk 111, 216
putri malu 212

R
rembesan air hujan 181
rotasi tanaman 221
ruang mesin lift 70
rumah panggung 154
rumbia 1, 3, 4, 16, 243
rumput sebagai angkur tanah 194, 212

S
sakelar bintang-segitiga 149
sakelar deret 149
sakelar kutup dua 149
sakelar kutup satu 149
sakelar pemutus jaringan 150
sakelar pengaman (FI) 150
sakelar tukar 149
saluran keluar 137
saluran tenaga listrik 141
sambungan dengan pipa saluran kota 106

sambungan pipa beton 107
sambungan pipa PVC 107
sambungan pipa semen berserat 107
sambungan pipa tanah liat 107
sampah anorganik 209
sampah organik 209
sandaran 38, 65
saniter 243
second-hand nature 215
sekering 144
sel surya 243
selokan air dari beton 190
selokan air hujan 188, 189
selokan terbuka 101, 243
semak belukar 212, 243
semen berserat datar 15
semen berserat gelombang 1, 3, 6, 20
seng aluminium 1
seng datar 5, 23
seng gelombang 1, 22
seng gelombang khusus 3, 22
seng tirisan 31
sepda 183
sepeda motor 183
septic tank 110, 111, 243
septic tank Vietnam 111, 243
SI (sistem internasional) vii, 225
sick-building sindrom 162, 166, 242
simbol-simbol instalasi listrik 142-143
simbol-simbol saniter 133-134
simpul mati 169
simpul pangkal 169
simpul tarik 169
sirap bambu 18
sirap kayu 3, 5, 17
sirap semen berserat 17
sirip horizontal dan tegak 156, 243
sisipan cangkok perdu 195
sistem saluran air limbah 99, 101
sprinkler 138, 243
srigading 212
standar penerangan buatan 147
stopkontak 149
suhu permukaan jalan 181
sumber air minum 122
sumur air tanah 125, 126
sumur lift 70
sumur pengolahan air sabun 114
sumur resapan 109, 110
susunan beronjong 196, 235

T

tabung fluoresensi 147
talang terbuka 30, 31
talang tersembunyi 32
talang Wiesbaden (kolam renang) 204
talang, ukuran dan bentuk 29-30
tali pengikat 169
tambang lift 70, 71, 244
tanah liat 5, 244
tangga baja 65, 67
tangga berjalan 72
tangga biasa 39, 41
tangga curam → tangga hemat
tangga dengan belokan 41, 42, 44
tangga dengan bordes 41, 42, 43, 49, 50, 56, 59, 60
tangga dengan lubang terbuka 61, 62
tangga dengan lubang tersembunyi 62
tangga dengan papan langka dikakik 63
tangga hemat 39, 63
tangga landai 39
tangga lingkaran 41-44, 50, 56, 67
tangga lurus 40, 41, 49, 66
tangga masif 54
tangga masif dari kayu 61
tangga naik 39, 64, 67, 68
tangga selokan 189
tangga terjepit 54
tangga, nama bagian 38
tanggul air yang ekologis 199
tangki penggelontor 136
tanjakan jalan maksimal 184, 185
tepi perairan 198, 199
Tesla 142
tikungan jalan 187
tirisan 16-19, 21, 24, 245
tirusan tangga 44-49, 245
toleransi tanaman terhadap matahari 220
TPA 117, 118, 208-210, 245
trembesi 213
tripleks 1, 15, 90, 245
truk 184
tugas 5 14
tugas 6 138
tugas 7 152
tugas 8 200

U

ubin keramik 26
ukuran hantaran listrik 144
ukuran kayu untuk perancah 171, 174
umur tanaman 220
urban agriculture 216

V

volt (definisi) 140, 142, 245

W

warna cahaya tabung fluoresensi 147
waru 213
wastafel 136

MILIK
Badan Perpustakaan
Propinsi Jawa Timur